

# インド洋におけるメバチの釣獲分布に関する研究

著者	毛利 雅彦
学位授与機関	東京水産大学
学位授与年度	1998
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1342/00001056/">http://id.nii.ac.jp/1342/00001056/</a>

①

インド洋におけるメバチの

釣獲分布に関する研究

毛 利 雅 彦

1998

## 博士論文内容の要旨

報告番号	論博第	号	氏名	毛利雅彦
------	-----	---	----	------

## 「インド洋におけるメバチの釣獲分布に関する研究」

マグロ類は1995年の統計によると世界全体で175万トンの漁獲があげられており、日本の漁獲はその20%を占めている。この中でメバチは日本人趣向の生食として需要が高く、世界全体326,130トンのうち、130,855トンが日本の延縄漁船で釣獲されている。

本研究では、メバチを対象種とし、比較的わが国から漁場が近く、良質な魚が釣獲されることから漁業者の関心が強いインド洋を選定した。同時に延縄の操業方式として特に漁場選定と釣針敷設水深に関する視点から、水温、溶存酸素量及び成熟の3要因が釣獲分布に及ぼす影響を知り、漁場選定の適切な指針や操業の効率化、さらにはメバチ資源の保全と管理に役立てることを目的とした。

解析に用いた資料は、①海洋水産資源開発センターによる「深延縄の釣針別釣獲資料(1981～1986年度)」、②「地方公庁船の魚体測定資料(1952～1987年)」、③水産庁発行の「まぐろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告(1967～1991年)」及び④日本海洋データセンターの「各層海洋観測資料(1906～1989年)」に加えて⑤著者が1986年10月～1987年1月の期間、水産大学校練習船耕洋丸に乗船し、インド洋熱帯海域でマグロ延縄でのメバチの釣獲と同時に水温観測を実施した資料である。

これらの資料を用いて、延縄の釣針の敷設深度については深度計による計測値または幹縄の懸垂曲線による近似値として求めた。釣獲尾数や釣獲率は緯度・経度5°区画毎に集計して平均的なメバチの水平、鉛直及び時間を含む分布(すなわち時空間的分布)を検討した。また、水温と溶存酸素量の資料は緯度・経度1°区画に集計して、定めた基準深度の平均値で表示した。

漁場区分としては、25年間の資料に基づく水平方向の釣獲の結果から西部熱帯海域(緯度15°S以北・経度75°E以西)、東部熱帯海域(緯度15°S以北・経度75°E以东)、中緯度海域(緯度15～25°S)、南緯高緯度海域(緯度25°S以南)の4海域を設定した。

研究結果は以下のように要約される。

1. 時空間的釣獲分布: メバチの釣獲の水平的な分布及び鉛直的な分布について季節変化を検討した。このうち、水平分布としてはインド洋の緯度20°N～40°Sまでの広範囲であった。操業が行われた5°区画を釣獲尾数の多い順に並べ、その累計尾数が総釣獲尾数の75%に達した区画までを高密度釣獲域とした。高密度釣獲域は全区画の1/3に達し、その多くはアラビア海南部からジャワ島沖に至る東西の熱帯海域及び南緯高緯度海域に存在した。



また、高密度釣獲域が存在する海域は4～9月は南緯高緯度海域、9～4月は熱帯海域と異なり、両海域間を移動していることが判明した。

一方、鉛直方向の釣獲の範囲は水深約60m～280mであった。このうち、主な釣獲は東西の熱帯海域では160m～280mであったが、南緯高緯度海域では中心的な釣獲層が認められなかった。延縄による操業で確認された280mまでの水深範囲では釣獲率が深さとともに増大することから、釣獲率で最大となる水深は280m以深と推察された。

2. 釣獲適水温：釣獲適水温を推定するため水温1℃毎の釣針数、釣獲尾数及び釣獲率の分布を求めた。釣針は水温9～30℃の間に敷設され、釣獲水温は10～30℃の広範囲にわたっていた。しかし、釣獲尾数は20℃以上で少なく、10℃未満では釣獲が無かった。釣獲の85%が10～20℃の水温帯にあり、釣獲率の顕著に高い範囲が11～14℃に存在していた。本研究では釣獲尾数が多く、且つ釣獲率が0.5%以上の水温範囲を釣獲適水温と考え、10～16℃の範囲にあると判定した。

3. 成熟メバチの海域別釣獲分布：成熟メバチ（生殖腺指数 $\geq 3.1$ ）の釣獲分布は東西の熱帯海域では濃密、南緯高緯度海域ほど希薄であった。また、東西の熱帯海域における成熟個体の分布が4～9月に疎、10～3月に密の傾向を示した。

表層から50m層までの水温は成熟個体が多く釣獲される海域で26℃以上と、未成熟個体の分布海域より高い傾向が確認された。インド洋ではこの条件の水温が26℃以上になる海域は熱帯海域だけで、年周期変化が顕著で、6～9月を中心に狭く、これ以外の月では広くなっていた。

4. 最小溶存酸素量：緯度20°N～15°S・経度85～90°Eの5°区画毎における深度別釣獲率と経度90°Eにおける平均溶存酸素量の鉛直断面とを比較した結果、溶存酸素量が1ml/lを上回る区画では釣獲率が0.5%前後以上の高い値を示した。

以上のことから、インド洋におけるメバチの釣獲分布の要因として、水平・鉛直的には釣獲適水温10～16℃及び最小溶存酸素量1ml/l以上であることを推察した。更に、深度50mにおける水温26℃以上の海域の範囲は年周期をもって消長する。したがって、溶存酸素量は単独に、そして水温は単独あるいは成熟状態と組合わされて釣獲分布に影響を及ぼしていることが分かった。

本研究の成果は、インド洋におけるメバチ漁場選定の指針となり、同時に釣針敷設水深の決定により鉛直水深情報に対応させた操業の効率化に役立つことが期待される。更に地球規模での資源管理という組織的な取り組みを構築する上で、計画的、合理的な生産技術のための基礎資料として有効利用していく努力が必要となろう。



## 目 次

第1章 序論・・・・・・・・・・・・・・・・	1
第2章 研究の歴史と今後の問題点・・・・・・・・	5
第1節 研究の歴史・・・・・・・・	5
第2節 問題点・・・・・・・・	7
1) メバチの時空間的な釣獲域の分布・・・・・・・・	8
2) メバチの釣獲域の分布に影響を及ぼす要因・・・・・・・・	14
第3章 資料・・・・・・・・	22
第4章 メバチの時空間的な釣獲域の分布・・・・・・・・	26
第1節 メバチの水平・鉛直方向の釣獲分布・・・・・・・・	26
第2節 方法・・・・・・・・	27
第3節 結果及び考察・・・・・・・・	33
1) メバチの水平方向の釣獲分布・・・・・・・・	33
2) メバチの鉛直方向の釣獲分布・・・・・・・・	42
第5章 メバチの釣獲と環境要因の関係・・・・・・・・	58
第1節 メバチの海域別成熟状態・釣獲適水温及び釣獲に対する 最小溶存酸素量・・・・・・・・	58

第2節	方法	61
第3節	結果及び考察	64
1)	成熟メバチの海域別釣獲域の分布	64
2)	メバチの釣獲適水温	66
3)	メバチの成熟状態と水温の関係	72
4)	メバチの釣獲と溶存酸素量の関係	77
第6章	釣獲に対する適水温と溶存酸素量の海域別分布	93
第1節	釣獲適水温と釣獲に対する最小溶存酸素量の分布状態	93
第2節	方法	93
第3節	結果及び考察	94
1)	メバチの釣獲適水温の分布	94
2)	成熟メバチの分布と水温構造の特徴	95
3)	メバチの釣獲に対する最小溶存酸素量の分布	96
4)	鉛直プロファイルからみた水温分布の特徴	97
第7章	論議	112
第8章	要約	120
	謝辞	125
	文献	127



## 第1章 序論

近年、国際的に重要な水産資源の一つであるマグロ類は漁獲強度の増大に伴い、釣獲率の低下や漁獲魚の小型化等の現象が顕著となり、世界的に資源の減少が懸念されている（遠洋水産研究所，1998）。

現在、海洋生物資源の将来を地球規模で保護する目的をもって、組織的な取り組みがなされてきている。特に、三大洋におけるマグロ類の管理委員会として、太平洋には全米熱帯マグロ類委員会(IATTC)、北太平洋マグロ暫定委員会(ISC)及びフォーラム漁業委員会(FFA)、大西洋にはマグロ類保存国際委員会(ICCAT)、インド洋にはインド洋マグロ委員会(IOTC)、そして太平洋とインド洋にかけてのミナミマグロ保存委員会(CCSBT)があり、資源の保護・管理が国際的な管理下で遂行されつつある。

このような国際情勢を踏まえて、本研究ではインド洋のマグロ類に関する調査・考察を行った。本研究で対象としたインド洋のマグロ類の生理・生態の解明、時空間的釣獲分布を把握し分布に及ぼす要因等を明らかにすることは、操業を容易にし適正な成長段階での計画的な漁獲の基礎的な情報となり、産卵魚・未成熟魚を保護し資源の枯渇防止に役立つものと考えられる。

FAOの統計(1997)によれば、全世界で漁獲されたマグロ類のなかで、キハダの1,052,192トンに次いで、メバチの漁獲は326,130トンと多い。

しかし、日本では生鮮及び冷凍の刺身商材として利用度の高いメバチの漁獲はキハダよりも多く、全世界の 40 % (130,855 トン) を占め、キハダの 11 % (118,959 トン) を上回っている。

このように、メバチは日本のマグロ延縄漁業にとって重要な対象魚種であり、資源の維持・管理と合理的な利用を積極的に推進して行くことは日本に課せられた重要な使命である。

三大洋（太平洋、大西洋、インド洋）のなかで、インド洋のメバチ漁場は他の主な漁場である東部太平洋及び大西洋と比較してわが国に近く、特にインド洋の緯度 30° S を中心とする高緯度海域で良質なメバチが漁獲されることから、漁業者が高い関心を示す海域でもある。

インド洋における日本のマグロ延縄漁業は、1952 年にジャワ島南方沖で開始されたのを契機に西へ南へと拡大され、1968 年には緯度 50° S 以北のインド洋全域を覆うようになった（平山，1989）。それにもかかわらず、インド洋は太平洋に比べメバチの漁獲に関する研究報告例が少ない海域である。

南北高緯度間を広く回遊するメバチはインド洋全域にわたって分布範囲が広く（久米ら，1971）、時空間的分布及びその要因を探るには、日本のマグロ延縄漁業によって得られた資料が他国（韓国、台湾）に比べて最も長期間、広範囲であり、量及び質の点において有効である。

一方、操業が成立する漁場にはいくつかの要因がある。この要因を解明することにより、効率的な漁場探索及び資源の適正な維持・管理の推進に寄与する



ことが可能である。

メバチの分布要因として、内部要因の成熟の他に、外部要因として水温、溶存酸素量、塩分、光、海流及び海底地形等をあげることができる。これら要因の数は多いが、魚は環境要因の単独あるいはその組み合わせに影響されると考えられる。

また、同一の要因であっても、メバチの発育、成熟段階におけるその効果が異なるものと推察することができる。そのため、実際にどの要因がどのようにメバチに対して影響を及ぼすか熟知する必要がある。

メバチの分布は広範囲であるため、上述の要因のなかでも、分布域を広く網羅した資料の蓄積が必要である。さらに、海域によって要因の変化が数値として明瞭であること。すなわち、分布要因の定量的指標となる必要がある。

したがって、以上の点を考慮して、インド洋の全域と海域別に対して、水温、溶存酸素量、メバチの成熟段階の3要因に着目した。

なお、他の要因として、塩分濃度が考えられるが、塩分の変化量は外洋で比較的小さいことが報告されていることより（石野，1991）、主要因としては扱わなかった。

本研究では、インド洋におけるメバチについてまず現在利用可能な長期間の資料による時空間的な釣獲域の分布を把握した。

次に、分布要因を知るために以下の項目について解析した。

- ・成熟メバチの海域別釣獲域の分布

- ・メバチの釣獲適水温、成熟メバチが分布するのに望まれる水温の特徴及び釣獲に対する最小溶存酸素量
- ・メバチの釣獲適水温と釣獲に対する最小溶存酸素量深度の海域別分布の特徴



## 第2章 研究の歴史と今後の問題点

### 第1節 研究の歴史

マグロ類の釣獲による水平分布について、中村（1954）はマグロ・カジキ類の釣獲分布と表面海流との関係は密接で、海流毎にそれぞれ異なった生活環境を形成し、その違いが魚類の生態の相違と結びついていると述べている。

また、西部太平洋においてメバチは潮境に集まる性質が強く、キハダとはその分布域が相違しているとの報告（中村・山中，1959）もある。

しかし、その後のメバチ漁場の拡大に伴い、西部太平洋におけるメバチとキハダの分布域の相違する現象は、東部太平洋やインド洋では無いことが明らかとなり、メバチの分布域を水平面における環境との関係で捉えただけでは説明できない現象も現れてきた（久米ら，1969b；須田ら，1969）。

そのため、分布要因を水平方向の分布状況のみから捉えるのではなく、鉛直方向、すなわち水深の増加に伴う分布特性を調査する必要がある。

マグロ類の鉛直方向の釣獲分布について、渡辺久也（1958）は胃内容物の組成の相違、渡辺博之（1961）は深度計の記録からそれぞれ検討し、メバチがキハダよりも深い層で釣獲されることを報告している。

延縄による5本付操業と7本付操業を比較した場合、5本付操業よりも深い層に釣針を投入することが可能である7本付操業の方が、好結果が得られるこ

とがメバチを対象として報告されている（上条，1963）。また、幹縄の長さを変えた操業結果に関しては、キハダ及びカジキ類の釣獲に対して短い幹縄の方で良結果を得、メバチに対しては長い幹縄の方が良好であると報告されている（西条，1970）。これらの報告はメバチが深層に分布し、同種の分布要因を海面における環境との関連のみで説明すると対応が難しくなるものと考えたものである。

メバチの鉛直方向の釣獲分布と水温躍層との関係について花本（1967）は、メバチの釣獲層は水温躍層の下方であり、最大釣獲層は躍層下限以深であると報告している。また、須田ら（1969）は水温躍層及びその下層にあるメバチの釣獲分布域に延縄の釣針が達すると釣獲が可能になるとしている。

さらに、花本（1974；1976）は普通延縄での釣針の敷設深度は 60～160m であり、メバチはこれより深層に分布すると推察している。

以上を考慮し、1975年頃より釣針敷設水深の最深部をそれ以前の約 2 倍の深さの 300m にする深延縄操業が実際に行われている。また、これに伴い深延縄によるメバチの釣獲率は普通縄を使用した場合よりも高くなったことが報告されている（Suzuki *et al.*, 1977）。ゆえに、メバチがより深層に生息することが推察される。

Fig. 2-1 及び Fig. 2-2 に日本のマグロ延縄漁船により得られた使用釣針数及びマグロ類の釣獲尾数について経年変化を示した（遠洋水研：まぐろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告）。同報告によると 1975 年以後に使用釣針数、メバ



チの釣獲尾数とも増加傾向を示し、1980年代には全大洋における使用釣針数が5億本(Fig. 2-1)、メバチの釣獲尾数(BE)が3百万尾(Fig. 2-2)に達したことが示されている。これは、1975年以後メバチを釣獲の対象とするマグロ延縄漁船が次第に増加したため、使用釣針数、メバチの釣獲尾数とも増加傾向を示したものと推察できる。

マグロ延縄漁業の歴史は古く、その漁場が太平洋、大西洋及びインド洋全域に広がったのは1960年代のことである。

1975年頃からの深延縄導入により、深層にまで分布しているメバチが釣獲され、上記のSuzukiらの知見よりも深く釣獲分布層が広がっていることが明らかとなった。しかし、メバチの最適釣獲深度及び生息限界深度に関しては解明されていない。

近年、得られるメバチの釣獲分布に関する情報は鉛直的にも広範囲にわたる長期間の資料蓄積でインド洋のメバチの分布域を充分覆うようになってきた。これらの資料を有効に利用すれば、鉛直面からメバチの釣獲分布に及ぼす要因解明も充分可能である。

さらに、効率的な利用に関して、漁獲量データベースの有効利用に関する研究(竹内ら, 1988a)が進められ、現在は資料の利用環境も整ってきた。

## 第2節 問題点

本研究では釣獲の向上のみを目指すのではなく、地球規模でメバチ資源の適

正な維持・管理を行い、かつ推進するための指針を得ることを目指し、以下の2点を目的とした。

第1に、メバチがいつ、どこに分布するか、その時空間的釣獲分布（時間・水平・鉛直分布）を知ることである。

第2に、なぜそのような釣獲分布をするのかについて、要因を明らかにすることである。

以上を踏まえて、メバチに関する従来研究成果をもとに、今後の問題点について、時空間的分布とその要因という視点から検討した。

## 1) メバチの時空間的な釣獲域の分布

### (1) メバチの水平方向の釣獲分布

時空間的分布は、水平分布と鉛直分布という空間分布と季節変動を捉えるための時間的分布から構成され、これらを総合的に考察する必要がある。

しかし、資料の不足から、鉛直方向の変化と時間的変化の関係を詳細に論じることとはできないため、時空間的考察は水平方向の変化と時間的変化の関係を対象とした。

インド洋におけるメバチの水平方向の釣獲分布に関して、中村・山中(1959)、坂本(1967)、須田ら(1969)及び久米ら(1971)の研究がある。これらは、漁場開発が十分でない時期の解析である。更にその指標として釣獲率を用いているため、釣獲率を用いて分布図を作成した場合以下の問題点が生じる。



- ・ 釣獲率は単位努力量当りの尾数（相対密度）を表し、努力量の多い海域と少ない海域との区別が明確でない。
- ・ 分布量が一定の場合、努力量が増加すると釣獲率が減少する。
- ・ 釣獲率が小さい海域でも、ある期間におけるその海域の釣獲尾数が多いか、少ないかは努力量の大きさによって決まり、釣獲率だけでは釣獲尾数の多少を判断することができない。

したがって、釣獲率ではなく努力量と釣獲尾数の両方を用いることにより、釣獲率が小さくても努力量が多く、しかも釣獲尾数も多いという特徴のある海域を示すことができる。

また、努力量も考慮に入れて論ずるならば、ある一定の期間におけるマグロ類の分布を表す数値としては、釣獲率よりも釣獲尾数の方が適切であり、釣獲尾数の分布を再評価する必要があると推察される。

太平洋及び大西洋において、月平均釣針数及び月平均釣獲尾数の分布から、メバチの平年型（平均的）分布についての議論（花本，1987；竹内ら，1988b）が行われていることから、インド洋のメバチについても、他大洋と同様に月平均釣針数分布及び月平均釣獲尾数分布からの検討を行う必要があると考えた。

そこで、本研究ではメバチの水平方向の釣獲分布について、月平均釣針数分布図及び月平均釣獲尾数分布図を示して検討を行った。

魚の時間分布を直接把握するための有効な手法としては、標識放流があり、



これまでに、マグロ類についても多くの実験が行われてきた。しかし、メバチの場合は釣獲の大部分が延縄で行われ、同漁法によって釣獲される魚体は比較的大きく、釣獲時に死亡していることが多い。また、竿釣、まき網漁業により表層の小型個体が漁獲される機会も少ない。これらの理由により、標識個体を得ることが困難である。ゆえに、他のマグロ類と比較すると標識放流実施例は非常に少なく、標識個体の再捕結果から時間分布は論じられていない。

しかし、漁場位置の季節変化から間接的に、メバチの時間分布を推察することが可能である。

一例として、竿釣による小型メバチの釣獲状況から、西部太平洋では同種が日本列島沿いに南から北へ、さらに東方海域へと回遊することが示されている(本間・上村, 1955; 久米・森田, 1967)。但し、この知見は日本近海において得られたものであり、釣獲されたメバチは未成魚が大部分であることから、限定された条件下での時間分布を示しているという点と発育段階の差異という点で問題が残存する。

延縄で釣獲されたメバチは2才以上・76cm以上である。ただし、2才に達しても直ちに生殖機能は備わず、数ヶ月の時間を要する(久米, 1979)。このため本文では、生殖機能を有する個体を「成魚」という語で記す。また「成熟」という語は後述する生殖腺指数が3.1以上のメバチに対して用いた。以下本文ではこの定義に基づき論証を進める。

メバチは太平洋、大西洋及びインド洋の広い海域にかけて、成熟個体と未成

熟個体が異なる海域に分布し、両者には回遊経路があるものと考えられている（木川, 1957; 1966; 久米, 1969a; 坂本, 1969; 久米ら, 1971）。これらは、メバチ成魚の漁場が産卵や索餌、または他の要因により形成される可能性を示すものである。

メバチの時間分布を明確にするため、延縄による釣獲資料を蓄積し、各大洋全域にわたる検討が必要である。しかし、太平洋及び大西洋と比較して、インド洋では延縄以外の竿釣や手釣の漁法によるメバチの釣獲はほとんどなされていないため、時間分布を知るには延縄による釣獲資料を用いざるを得ないのが現状である。

インド洋において、久米ら（1971）はメバチの時間分布を延縄漁場の位置の季節変化から推定している。しかし、用いた資料は最深部の釣針が 150m 程度の普通縄を通じて得られたもので、メバチの釣獲に適する最深部の釣針が 300m 程度の深延縄が導入される以前（1963～67年）のものであるため、150m 以深のメバチの分布状況は把握できない。また、1 年を四半期（1～3 月を第 1 四半期、4～6 月を第 2 四半期、7～9 月を第 3 四半期、10～12 月を第 4 四半期）に分けて検討しているため、より短い時間的変動は捉えられない。

以上の問題点を踏まえて、本研究では以下のように、時空間的な分割単位を小さくすることにより、メバチの詳細な時空間的分布を検討することが可能となった。

すでに太平洋では、15 年間（1964～78 年）の資料を用いて、月別の釣獲尾数



分布図が作成され、これを基にメバチ漁場位置の季節的变化が示されている  
(花本, 1986)。

時間分布を詳細に知るためには、極力1ヵ月程度の短い期間で集計した漁場  
分布図を作成することが必要である。

太平洋(花本, 1986)や大西洋(竹内ら, 1988b)に関しては報告がなされ  
ているが、インド洋に関して詳細な報告はなされていなかった。このため、本  
研究では入手した資料に基づきインド洋の1ヵ月毎の漁場分布図から時間分布  
を検討した。

本研究では、メバチの水平方向の釣獲分布において、時間分布を各月平均釣  
獲尾数分布図をもって示し、検討を行った。

## (2) メバチの鉛直方向の釣獲分布

前述のように、鉛直方向の釣獲変化に対しては対応する時間的变化の資料が  
不足しているため、鉛直分布に関しては、空間的な取り扱いのみを行った。

メバチの鉛直方向の釣獲分布について、今日までインド洋に限定された研究  
はなされていない。大平洋におけるメバチの一般的な分布については、未成魚  
を主体とする表層の竿釣(本間・上村, 1955; 久米・森田, 1967)や手釣(久田,  
1973)の対象となるものが一部あるのみである。

前述のように、メバチの2才魚(76cm)以上の個体の釣獲分布層は、他のマ  
グロ類と比較して深いといわれる(渡辺久也, 1958; 渡辺博之, 1961; 上条,

1963 ; 西条, 1970) 。深延縄より釣針を深く投入するたて縄を用いた釣獲試験によると、ハワイ南西とフィジー諸島西方の両海域においてメバチの鉛直方向の釣獲分布は最深部の釣針で最も多く、その時の釣針深度はそれぞれ170~245 m (Saito, 1975)、290~380m (斉藤・佐々木, 1974)であった。山中(1974)は、深海用たて縄によりマグロ類は実際に400~500mまで分布することを確認したと報告している。

前述の胃内容物組成の相違、深度計からみた分布深度の他、魚群探知機による調査(藤石ら, 1969)、延縄による釣針別分布割合(渡辺博之, 1961 ; 西条, 1970 ; 花本, 1974 ; 1976)及びたて縄の試験結果(神奈川水試, 1966 ; 斉藤・佐々木, 1974 ; Saito, 1975)等から、メバチは通常の延縄の釣針の敷設深度(60~160m)以深に多く、他のマグロ類と比較してより深層に分布していることが推察される。

しかし、従来の普通縄またはたて縄を用いた結果に関する報告のいずれにおいても、メバチの鉛直方向の釣獲分布を明らかにしていない。

前述のように、1975年頃から通常の延縄の釣針敷設深度より深い層のメバチを釣獲するため、1鉢当りの枝縄本数を多くし、釣針を深く入れる深延縄操業が行われるようになった(Suzuki *et al.*, 1977)。Suzukiらは、深延縄を通じて得られたメバチ漁場を示したに留まり、釣針敷設深度によるメバチの鉛直方向の釣獲分布を示すものでない。

その後、超音波発信機をメバチにとりつけ、遊泳層及び水温等の調査が行わ



れた。その結果、メバチはハワイ諸島西方においては夜間70～90m、日中 200～240m (Holland *et al.*, 1990)、また東部太平洋においては夜間20～80m、日中60～180m (宮部ら, 1997)であることが報告されている。またキハダに関しては、米盛 (1982) によってソロモン諸島北方において、夜間 100m以浅、日中50～150mに分布していることが報告されている。しかし、超音波発信機を利用した研究例は少なく、メバチの生息限界深度等については分かっていない。

メバチの鉛直方向の釣獲分布を知ることは、漁場を探索する上からも長いあいだ漁業者の重大な関心事であった。それにもかかわらず、メバチの鉛直方向の釣獲分布は普通縄を通じて得られた研究がほとんどで、これ以深の研究はごくわずかな尾数のメバチを用い得られた結果 (神奈川水試, 1966; 斉藤・佐々木, 1974; Saito, 1975) のみである。このため、明確な釣獲分布に関する報告はなされていないというのが現状である。そこで、本研究では深延縄の釣針別釣獲割合の資料を用い、鉛直方向の釣獲分布について特に主な分布層を明らかにしようとした。

## 2) メバチの釣獲域の分布に影響を及ぼす要因

### (1) 成熟メバチの海域別釣獲域の分布

従来からマグロ類の分布は、主として水温などの外部要因との関係について調査が行われてきた。一方、生物的要因からの検討は少なく、生物的要因の一

つである成熟度の時空間的变化も十分に把握されていない。

魚類の成熟度の調査は生殖腺の組織切片によって行われる。しかし、この方法では結果が判明するまでに時間を要するという難点があるので多数の標本を扱えない。このため、船上あるいは水揚地における調査では生殖腺の色調、卵巣の分離状態の確認を主体とし、生殖腺の重量、卵径組成等を参考として成熟状態を表す方法がとられてきた（久保・吉原，1957）。

しかし、この方法は観察者の熟練の程度によって結果に差が生じ定量的判断が困難である。このため、現在では客観的な判断が可能な生殖腺指数が用いられている。

特に、メバチに関して、木川(1953；1957)は成熟状態を直接観察し、生殖腺指数（Gonad index以下  $G. I.$ ）と成熟状態との関係を次式により求めた。

$$G. I. = 10^4 \cdot W / L^3$$

$W$ ：卵巣重量（g）     $L$ ：尾叉長（cm）

その結果、雌では  $G. I.$  によって得られた値が 1.0 以下の場合を未熟、1.1 ～ 3.0 の場合を中熟、3.1 以上の場合を成熟とする 3 段階の熟度を表すことを提案した。ただし、雄では成熟を特定できないことを併せて報告している。それ以降、メバチの成熟状態の相違に関する研究では、木川(1957)の成果が用いられている。



現在メバチは、太平洋、大西洋及びインド洋の各大洋において、低緯度海域に成熟群、高緯度海域に未成熟群というように、成熟の相違により分布する海域が異なることが知られている（木川，1966；久米ら，1971；坂本，1969）。

しかし、これらの研究はいずれも現在の漁場全域を網羅せず、さらに時間的にも1年を四半期に分けるに止まり、対象魚はキハダとビンナガで、メバチは考慮されていない。

その後、年々漁場範囲が拡大されるとともに、メバチの漁獲に効果的な深延縄が導入された。これに伴い資料は集積され、さらにメバチの釣獲水温に関する資料も加わった。インド洋においても、近年の漁場の範囲は拡大され、メバチの成熟状態の海区別・月別変化の調査資料も相当量蓄積された。

そこで、本研究では、これらの資料により月別に成熟メバチの海域別分布を求めた。

## （2）メバチの釣獲適水温

太平洋で釣獲されたメバチの体長組成について、須田ら（1969）は東側で大型、西側で小型個体の割合が高い理由を次のように説明している。すなわち、メバチの分布層全体が東側では浅いところへ持ち上げられるため、通常の分布層が深いと考えられている大型個体までが漁具に遭遇する機会が多くなり、反対に西側では分布層全体が深く、一般に分布層の浅い小型個体だけが延縄の釣針に遭遇する機会が多くなるためとしている。

また、Hanamoto (1987) は太平洋におけるメバチの釣獲適水温帯について、東側で浅く、西側で深いと報告している。それによると、釣獲適水温の深淺相違に伴い、メバチの分布層が深くも浅くもなると考えられるため、釣獲適水温を考慮して釣針を敷設しなければ真の釣獲分布域を捉えることはできないとしている。

従来、メバチの釣獲適水温に関して、その多くが表面水温を中心に述べている (Uda, 1957; 宇田, 1960; 須田ら, 1969; 久米, 1979)。しかし、前項で述べたようにメバチの釣獲適水温層は深いため、表面水温がメバチの分布層の水温を示すことにはならない。そのため、メバチの釣獲適水温を知るには、表面水温ではなく釣獲層の水温を知る必要がある。

一方、延縄は漁具の形状特性から懸垂曲線で近似できるため、釣針の深度を計算により求めることが可能である。そこで、釣針別釣獲尾数を記録すると共に、計算深度からメバチの釣獲深度を推定することもできる。

これに加え、同時に各層の水温観測を行うことにより、水温変化に伴う釣獲尾数及び釣獲率を求めることが可能である。

同時測定による釣獲と水温の資料収集には、船上では多大な労力と時間を要し、困難を伴うため、その資料数は多いとはいえず、メバチの分布層における水温の知見は少ない。釣獲分布層から適水温を求めた研究としては、太平洋において Hanamoto (1987) の報告があるに過ぎない。

本研究ではインド洋において、同時観測により収集した深度別の釣針数、釣



獲尾数及び水温観測資料から、釣獲分布層における水温を釣獲水温として求め、釣獲率の高い釣獲水温を釣獲適水温として定義した。

### (3) メバチの成熟状態と水温の関係

魚類の成熟に最も関係が深い要因は、水温であるとされる(原田;1974, 平野;1974, 松原, 1991)。そこで、メバチの時空間的釣獲域の分布に対して、上記の釣獲分布層における適水温に成熟要因が組み合わされて影響を及ぼすことが考えられる。

成熟と水温の関係を明らかにすることは、水温を指標に禁漁期や禁漁海域を設定するための基礎資料となり、資源の適正な維持・管理に寄与することが推察される。

現在、成熟に関する研究は空間的分布の検討が中心である(木川, 1957; 1966; 坂本, 1969; 久米, 1971)。その理由の一つは、延縄漁業では水温すら測定しないため、成熟と水温の関係が見い出せないことである。

メバチの成熟状態と水温の既存の研究や資料はほとんどなく、操業海域において数年間の表面から50mの平均水温(久田, 1979)あるいは表面水温(久米, 1969b; 1979)などの関係が調べられてきたに過ぎない。

そこで、操業地点における枝縄別魚体測定と同時観測により得られた水温資料(表面から水深 300m深)から、メバチの釣獲分布層における成熟状態と水温の関係を検討した。

#### (4) メバチの釣獲と溶存酸素量の関係

メバチの釣獲分布を規定する環境要因の解明には、水温以外の要因をも明らかにすることが必要である。魚類の分布に影響する環境要因として水温の他にも、溶存酸素量及び餌料生物等数多くあげられる。このうち、溶存酸素量は環境要因のなかでも生物の生存に直接関わる重要な要因である。

しかし、メバチの分布と溶存酸素量との関連については、わずかに報告が存在するが（花本，1975）、インド洋のメバチについては本研究が最初のものである。

大洋に広く分布するメバチと溶存酸素量との関係を調べるためには、広範囲にわたる観測が必要である。現在では、溶存酸素量センサー付CTD測器も普及し、海中の溶存酸素量に関する資料が多く収集、蓄積され、インド洋全域にわたる溶存酸素量の検討を行うことも可能となった。

そこで、各層の海洋観測資料から溶存酸素量の鉛直プロファイルを描き、同プロファイルとメバチの鉛直方向の釣獲分布との関係を検討することにより、メバチの釣獲と溶存酸素量の関係について検討した。



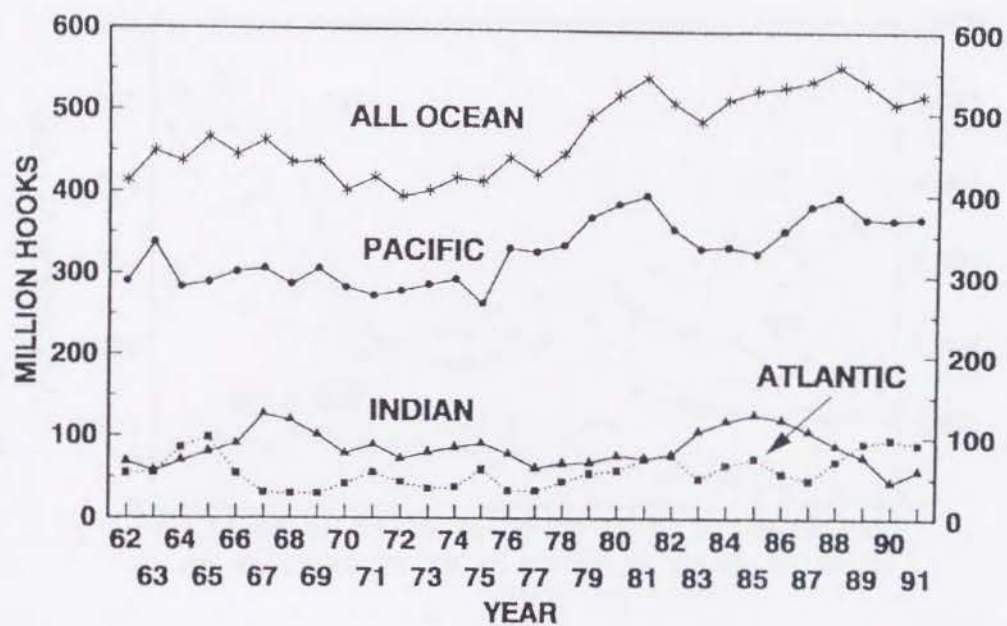


Fig.2-1: Annual change in number of hooks by Ocean.

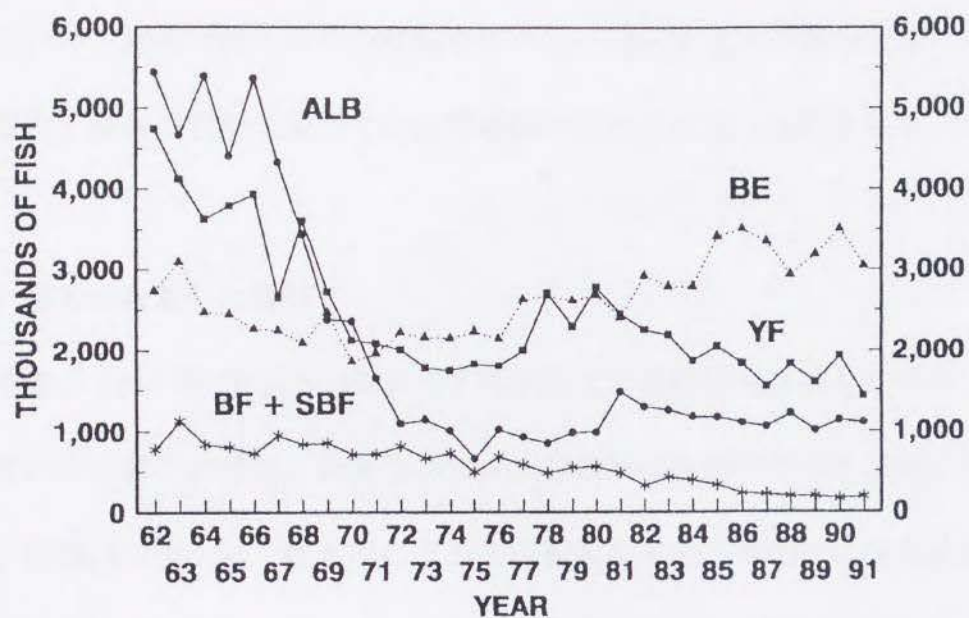


Fig.2-2: Annual change in number of tuna catch by species.



### 第3章 資 料

本研究で扱った資料は、著者が船上で収集したものだけでなく、インド洋全域において利用可能な限りの資料を用いた。列記すると下記のようなになる。

なお、資料の引用に関しての使用述語は原文に忠実なものとした。

#### 1) 著者が収集した資料

著者が 1986 年 10 月～ 1987 年 1 月水産大学校練習船耕洋丸に乗船、日々の操業毎の位置、釣獲量、釣獲魚の体長及び釣針の実測深度等を記録するとともに、揚縄前にナンゼン採水器による海洋観測を実施、揚縄後に卵巣重量と尾叉長を測定し資料収集を行った。

#### 2) まぐろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告

「うきはえなわ」を用いて操業を行う日本のマグロ延縄漁船（20 トン以上）は農林水産大臣へ操業位置、使用釣針数及び魚種別釣獲尾数等を記載した「漁獲成績報告書」の提出が義務付けられている。

水産庁では提出された漁獲成績報告書の内容を吟味し、年別に緯度・経度 5° 区画毎の使用釣針数、魚種別漁獲尾数等を集計し、統計図表を加えた「まぐろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告」を作成している。

この統計調査結果報告書には、マグロ延縄漁業の漁場別漁獲努力量（操業回数、使用釣針数）及び魚種別漁獲量（釣獲尾数）が月別に緯度・経度 5° 区画毎に記載されている。

これらの統計調査結果報告書は、1963 年から現在までの長期間、広範囲にわたり作成されており、その資料数も多い。1991 年の場合、インド洋における使用釣針数は約 6 千万本、メバチの釣獲尾数は約 20 万尾であった。さらに、同年における「漁獲成績報告書」の提出率は 95 %（遠洋の場合）を越え、日本のマグロ延縄漁船のほとんどが提出しているものであり、メバチに関する水平的な釣獲分布を検討する上で最良の資料と考えられる。

本研究では統計調査結果報告書のうち、利用可能な 1967 ～ 1991 年にわたる 25 年間の資料を用いた。なお 1981 ～ 1991 年の同報告は公表されていないため、水産庁遠洋水産研究所の特別な許可を得て使用した。

用いた水産庁関係の資料名を示すと次のようになる。

- ・水産庁研究部（1969 ～ 1973）：昭和 42 年 1 月～昭和 46 年 12 月まぐろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告、283pp.,293pp.,299pp.,319pp.,326pp.
- ・水産庁研究開発部（1974 ～ 1978）：昭和 47 年 1 月～昭和 51 年 12 月まぐろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告、264pp.,265pp.,267pp.,269pp.,279pp.



- ・水産庁研究部（1979～1982）：昭和52年1月～昭和55年12月まぐろはえ  
なわ漁業漁場別統計調査結果報告、235pp.,241pp.,243pp.,252pp.
- ・遠洋水産研究所浮魚資源部（未発表）：昭和56年1月～平成3年12月まぐ  
ろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告、215pp.,217pp.,225pp.,232pp., 234pp.,  
237pp.,238pp.,249pp.

### 3) 新漁場企業化・開発調査（海洋水産資源開発センター）

海洋水産資源開発センターでは、1981年度から1986年度までの6年間、インド洋において「まぐろはえなわ新漁場企業化調査」及び「まぐろはえなわ新漁場開発調査」を実施した。その際、漁具として深延縄を使用し、毎日の操業毎に位置、釣獲量、釣獲魚の体長や釣針の実測深度及び釣針別釣獲尾数等を記録するとともに、揚縄前に海洋観測を実施している。水温については、すべての年度にわたってXBTによる各層水温観測を行っている。用いた資料は、釣針の敷設深度が約300mまでに達し、その資料数の多さ等から、現在得られる最良の資料と考えられる。

釣獲水温資料は、延縄操業1回につき1ヶ所（揚縄開始点）の観測で得られたものである。そのため観測点と釣獲場所との間にある程度の距離0～70kmを有する。また、観測時刻と釣獲時刻との間に時間差0～9時間がある場合がある。

したがって、本研究で用いた釣獲水温と実際にメバチが釣獲された水温との間にはある程度のずれが存在する場合がある。しかし、これら釣獲と水温観測との広域的な同時性を確保した資料は他からでは得られず、釣獲層の水温を知ることのできる唯一の資料である。

#### 4) 地方公庁船によるマグロ資源調査資料

卵巣重量と尾叉長の測定資料は 1952 ～ 1987 年（1954 ～ 1955 年を除く）の地方公庁船によるマグロ資源調査要領（遠洋水産研究所）により収集された測定結果を用いた。

資料は緯度  $20^{\circ} \text{N} \sim 40^{\circ} \text{S}$ ・経度  $20^{\circ} \sim 130^{\circ} \text{E}$  の海域において 22,675 回の操業によって釣獲された 153,601 尾の卵巣重量と尾叉長の測定結果である。

#### 5) 日本海洋データセンター所蔵の各層海洋観測資料

水温と溶存酸素量の鉛直プロファイルを得るために用いた資料は、日本海洋データセンター(JODC)に所蔵する 1906 ～ 1989 年の 84 年間にわたる海洋観測結果である。海洋観測資料はナンゼン採水器及びその他の採水器、すなわち STD や CTD により得られたものである。



## 第4章 メバチの時空間的な釣獲域の分布

### 第1節 メバチの水平・鉛直方向の釣獲分布

#### 1) メバチの水平方向の釣獲分布

前述のように、メバチの分布に関する研究は、その多くがマグロ延縄により得られた資料を基に行われてきた。

太平洋及び大西洋においては 1985 年以降メバチの釣獲分布に関する研究が行われている（花本, 1987; 竹内ら, 1988 b）。しかし、インド洋においては太平洋に比べ資料が少なく、研究対象となる漁場も一部に限られていたため、1971 年以降のメバチの研究はほとんど行われず、長期間にわたり情報が得られていない。

1971 年以前の研究は、漁場開発途上の時期と重なり、資料は充分でなかった。また、その時点からすでに 20 年以上が経過していることから、現在の状態との違いが予想される。

さらに、1971 年以前は通常延縄による釣獲資料を用いているため（久米, 1971）、釣針敷設層が浅く、現在より深層に分布すると考えられるメバチの分布の全容解明には適当ではないことが推察される。

そこで、本研究では、1967 年から 1991 年の 25 年間にわたるメバチの延縄漁業の漁獲資料を用い、インド洋全域において緯度・経度 5° 区画毎の年平均

使用釣針数及び年平均釣獲尾数分布を把握し、メバチの平年型の分布を知り、メバチの保護・管理及び推進を行うための指針を得ることを試みた。

さらに、メバチの平年型分布の時間変化については、緯度・経度 5° 区画毎の月平均釣獲尾数分布を求め、メバチの水平分布の時間変化について検討した。この対象海域と主な地名は Fig.4-1 に示す通りである。

## 2) メバチの鉛直方向の釣獲分布

メバチの鉛直方向の釣獲分布については第2章の「研究の歴史」で述べたように、他のマグロ類と比較して釣獲分布深度が深いことが知られている。また、同種の最大釣獲深度、生物学的な生息限界深度等の鉛直方向の分布について不明な点が多い。しかし、鉛直方向の分布を知ることは漁場を探索する上からも長い間、漁業者の重大な関心事となっていた。

上記の問題に対処するため、インド洋における深延縄の釣針別釣獲尾数割合の資料をもとにメバチの鉛直方向の釣獲分布について特に釣獲分布深度を捉えるための考察を行った。

## 第2節 方 法

### 1) メバチの水平方向の釣獲分布

前述の資料より、緯度 30° N 以南・経度 20° ~ 130° E (緯度 0° ~ 30° N・



経度 100° ～ 130° E の海域は除く) のインド洋において、緯度・経度 5° 区画 (以後、5° 区画という) 毎のメバチの釣獲尾数と使用釣針数からなる各年、各月のデータファイルを作成した。

次に、メバチの漁期・漁場と回遊傾向を考察するために、 $i$  年  $j$  月のある 5° 区画 ( $k$ ) の使用釣針数 ( $H_{ijk}$ )、釣獲尾数 ( $N_{ijk}$ ) から、5° 区画毎の各月平均使用釣針数 ( $H_{jk}$ ) 及び各月平均釣獲尾数 ( $N_{jk}$ ) を次式により求めた。

$$H_{jk} = \left( \sum_{i=1}^{n_k} H_{ijk} \right) / n_k \quad (1)$$

$$N_{jk} = \left( \sum_{i=1}^{n_k} N_{ijk} \right) / n_k \quad (2)$$

$i$ : 年  $j$ : 月  $n$ : 年数  $k$ : 区画数  $H$ : 使用釣針数  $N$ : 釣獲尾数  
となる。

ただし、用いた資料は 1967 ～ 1991 年の 25 年間のものであり、 $n_k$  は  $k$  区画で 25 年間分のうち、資料のある年の数 ( $1 \leq n_k \leq 25$ ) である。

(1)、(2) 式により求めた 5° 区画毎の各月平均使用釣針数 ( $H_{jk}$ )、各月平均釣獲尾数 ( $N_{jk}$ ) の両分布について、1 ～ 12 月の各月毎に各 5° 区画毎の使用釣針数及び釣獲尾数を大きい方から小さい方へ順次並べ累積した。さらに、大きい方からの累積値が 1/4 ずつになるように順に 5° 区画を 4 階級に分類し、階級設定を行った。ここで、上位 25% を構成する 5° 区画を第 1 階級、25 ～

50 %を第2階級、50 ~ 75 %を第3階級、75 ~ 100 %のそれを第4階級として分布図を作成した。

また、インド洋のミナマグロを対象に操業が行われている緯度  $40^{\circ} \sim 50^{\circ} \text{S}$  の海域においてはメバチの釣獲尾数が少ないことが報告されている(新宮, 1970; 1978)。このことから、本研究では、メバチの操業海域における努力量分布をより明確にするため、参考とする各月平均使用釣針数を緯度  $40^{\circ} \sim 50^{\circ} \text{S}$  を除く  $5^{\circ}$  区画の海域で求めた。

メバチの平年型(平均的)分布について考察するため、上記と同様の方法により、 $5^{\circ}$  区画毎の25年間に於ける1ヵ月当たりの月平均使用釣針数( $H_k$ )及び月平均釣獲尾数( $N_k$ )を求めた。

すなわち、 $H_k$ 及び $N_k$ は前述のある $5^{\circ}$ 区画( $k$ )に於ける25年間の各月平均使用釣針数( $H_{jk}$ )及び各月平均釣獲尾数( $N_{jk}$ )をさらに1月から12月にわたって1ヵ月当りに平均したものである。

したがって、ある $5^{\circ}$ 区画( $k$ )の月平均使用釣針数( $H_k$ )及び月平均釣獲尾数( $N_k$ )は

$$H_k = \left( \sum_{j=1}^{m_k} H_{jk} \right) / m_k \quad (3)$$

$$N_k = \left( \sum_{j=1}^{m_k} N_{jk} \right) / m_k \quad (4)$$

$j$ : 月     $m$ : 月数     $k$ : 区画数     $H$ : 使用釣針数     $N$ : 釣獲尾数



である。ただし、 $m_k$ は $k$ 区画で1年間(12ヵ月)のうち、資料のある月数( $1 \leq m_k \leq 12$ )である。

(3)、(4)式により求めた5°区画毎の月平均使用釣針数( $H_k$ )及び月平均釣獲尾数( $N_k$ )の両分布図において、使用釣針数または釣獲尾数の多少を明確に表示するため階級の設定を行った。各5°区画毎の使用釣針数及び釣獲尾数を大きい方から小さい方へ順次並べ累積し、総使用釣針数及び総釣獲尾数を求めた。

さらに総使用釣針数及び総釣獲尾数の1/4ずつになるように、先ほどの各月平均使用釣針数( $H_{jk}$ )及び各月平均釣獲尾数( $N_{jk}$ )と同様に、上位から順に5°区画を4階級に分けて分布図を作成した。

操業が行われた5°区画数は、調査の対象となる時期によって異なる。このため以下で述べる区画数は、重複を含む解析時の延べ使用数である。各月釣獲尾数に対して、各月平均使用釣針数( $H_{jk}$ )及び各月平均釣獲尾数( $N_{jk}$ )の分布で延べ2,314区画、月平均使用釣針数( $H_k$ )及び月平均釣獲尾数( $N_k$ )の分布においては延べ241区画であった。

各月平均使用釣針数( $H_{jk}$ )の分布をみると、操業が行われた延べ区画数2,314に対し、総使用釣針数の3/4に当たる約6,612万本が上位3階級の637区画(全体の約30%)に当り、同様に釣獲尾数の分布においては釣獲尾数の3/4に当たる約38万尾が上位3階級の504区画(全体の約20%)に対応した。

また、月平均使用釣針数( $H_s$ )の分布をみると、操業が行われた 241 区画に対して、総使用釣針数の  $3/4$  に当たる約 918 万本が上位 3 階級の 92 区画（全体の約 40 %）で投入されており、同様に釣獲尾数の分布においては釣獲尾数の  $3/4$  に当たる約 3.4 万尾が上位 3 階級の 67 区画（全体の約 30 %）で釣獲が行われていた。

以後、上位 3 階級に属する 5° 区画を釣獲尾数の多い海域を「高密度釣獲域」とした。また、第 1 の階級に属する釣獲尾数の特に多い海域を「最高密度釣獲域」とし、第 4 の階級の海域を「低密度釣獲域」とした。

## 2) メバチの鉛直方向の釣獲分布

延縄を図示すると Fig.4-2 のようになる。図中の左側に示すのは普通縄であり、右側は幹縄の長さが普通縄の 2 倍であり、最深部の釣針の深度を 2 倍程度深くに敷設することができる深延縄である。1975 年を境として、メバチを対象とした延縄漁具は図右側に示された深延縄が普及してきた。

図に示したのは深延縄の枝縄が 11 本付の場合であり、中央部にあたる第 6 番目の釣針が最も深く、浮子縄に近い第 1、11 番目の釣針が最も浅く敷設されることは周知の事実である。たとえば平山（1969）は、この事実に着目して釣針の深さとマグロ類の釣獲との関係について論じている。したがって、メバチだけについても各釣針の深度別の釣獲率を比較することにより、鉛直方向の釣獲分布の間接的な推定が可能となる。



このことから、著者が耕洋丸で収集した資料及び6年間にわたる海洋水産資源開発センターの資料を用いて各釣針の深度別の釣獲率を求め、メバチの鉛直方向の釣獲分布についての検討を行った。

釣針の深度は、下記の4方法により求めた。

1981～1982年度については「昭和56～57年度まぐろはえなわ新漁場企業化調査報告書（海洋水産資源開発センター，1985 a；1985 b）」に記載の深度計により求めた各釣針の深度範囲の平均深度を使用した。

1983～1984年度については「昭和58～59年度まぐろはえなわ新漁場開発調査報告書（海洋水産資源開発センター，1985 c；1986 a）」に記載の深度計による記録及び計算深度に基づく数値をそのまま用いた。

1985年度については「昭和60年度まぐろはえなわ新漁場開発調査報告書（海洋水産資源開発センター，1986 b）」に記載の計算により求められた推測深度範囲のうちの間深度を用いた。

1986年度については「昭和61年度まぐろはえなわ新漁場開発調査報告書（海洋水産資源開発センター，1988）」に記録されている各操業毎の投縄距離と時間による漁具形状から短縮率を計算し、幹縄を懸垂曲線として釣針深度を求めた。

著者が収集した1986～1987年度の資料についても同様の方法によった。

資料は整理の都合上、各鉢ごとに最初に揚げる釣針を1番、最後のそれを11番とした。上述の方法で求めた各釣針の敷設深度は65～275 mであったが、

特に深度 61 m から水深 20 m 毎に使用釣針数及び釣獲尾数を集計した。

まず、釣針の深度別釣獲率は資料が得られた各操業点( $i$ )について、各釣針 20 m 毎の深度範囲 ( $d$  m) における使用釣針数 ( $h_{id}$ ) 及びメバチの釣獲尾数 ( $C_{id}$ ) を求めた。さらに、インド洋における全操業点にわたって、深度 20 m 毎に使用釣針数、釣獲尾数を集計し、この集計値より使用釣針数( $h_{id}$ ) 1,000 本当りの釣獲尾数 ( $C_{id}$ ) 及び深度範囲 ( $d$  m) 間に対するメバチの釣獲率 ( $R_d$ ) を次式より求めた。

$$R_d = \left( \frac{\sum_{i=1}^n C_{id}}{\sum_{i=1}^n h_{id}} \right) \times 1,000 \quad (5)$$

ここで、 $n$  はある深度範囲  $d$  m における資料数。

### 第3節 結果及び考察

#### 1) メバチの水平方向の釣獲分布

##### (1) 月平均使用釣針数分布の特徴

平均的な操業状況を把握するため、インド洋におけるマグロ延縄の月平均使用釣針数 ( $H_k$ ) の分布を示したのが Fig.4-3 である。同図によると、操業が行われていた海域は緯度 25° N から 50° S までのインド洋のほぼ全域であった。

操業が行われた 5° 区画の数は 241 であった。そのうち、使用釣針数の特に多い第 1 階級に属する区画は総区画数の約 4 % (10 区画) であった。これは操業がインド洋全域で行われたとはいえ、漁場として利用された範囲に偏りが



あったことを示している。

第1～第3階級に属する使用釣針数の多い海域は、以下の通りであった。

- ・アラビア海南部海域～マダガスカル島北沖(緯度  $10^{\circ}$  S・経度  $45^{\circ}$  E)にかけての西部熱帯海域
- ・ジャワ島西部沖(緯度  $10^{\circ}$  S・経度  $90^{\circ}$  E)～オーストラリア大陸北西部にかけての東部熱帯海域
- ・緯度  $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$  S を中心に、ケープタウン東沖～アムステルダム島西沖(緯度  $40^{\circ}$  S・経度  $70^{\circ}$  E)に至る南西部高緯度海域
- ・緯度  $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$  S を中心とした、フリーマントル沖～アムステルダム島東沖(緯度  $40^{\circ}$  S・経度  $80^{\circ}$  E)に至る南東部高緯度海域であった。

一方、第4階級に属する使用釣針数の少ない海域は、以下の通りであった。

- ・アラビア海北部、ベンガル湾、緯度  $20^{\circ}$  S を中心としたインド洋を東西にわたる海域及び緯度  $45^{\circ}$  S 以南の海域

## (2)月平均釣獲尾数分布の特徴

メバチの月平均釣獲尾数( $N_k$ )の分布を示したのが Fig.4-4 である。同図によると対象とする海域は緯度  $20^{\circ}$  N ～  $40^{\circ}$  S の広範囲にわたっているが、アラビア海北部及び緯度  $40^{\circ}$  S 以南の大部分の海域では操業が行われていたにもかかわらず、釣獲尾数は0であることが分かる。また、操業が行われた 241 の  $5^{\circ}$  区画のうち上位 10 区画で総釣獲尾数の  $1/4$  を示している。

このことはメバチの釣獲分布範囲が非常に狭いことを示すものであり、先に定義した高密度釣獲域は以下の通りであった。

- ・アラビア海南部～マダガスカル島北部の西部熱帯海域
- ・緯度  $10^{\circ}$  S を中心としたジャワ島沖～スリランカ南沖の東部熱帯海域
- ・緯度  $30^{\circ}$  S を中心としたフリーマントル沖～南アフリカ沖の南緯高緯度海域

このように高密度釣獲域は熱帯海域と南緯高緯度海域にあった。特に釣獲尾数の多い最高密度釣獲域は、分布形状としてはこれら高密度釣獲域の内部にあり、アラビア海南部の緯度  $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$  N、経度  $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$  E であった。

前述のように、高密度釣獲域は主として熱帯海域、南緯高緯度海域にあった。これらの海域では Fig.4-3 の月平均使用釣針数( $N_k$ )の分布からも分かるように使用された釣針数も多い。

使用釣針数の多い海域については、以下のような諸報告が過去になされている。インド東沖、アラビア半島南沖に関してはマカジキ (Pillai and Ueyanagi, 1978)、マダガスカル島北沖に関してはキハダ (森田・古藤, 1971; 本間・鈴木, 1972)、同島南沖に関してはビンナガ (古藤, 1969) 及び緯度  $40^{\circ}$  S を中心にインド洋の東西にわたる海域に関してはミナミマグロ (新宮, 1970; 1978) の好漁場であった。すなわち、使用釣針数の多い海域は、マグロ・カジキ類の好漁場であった。

この現象は太平洋 (花本, 1987) 及び大西洋 (竹内ら, 1988b) においても



報告されている。

インド洋における好漁場が熱帯海域及び南緯高緯度海域にあり、この両海域の中間の中緯度海域で釣獲尾数が少ない現象は、太平洋及び大西洋の場合と基本的に同じであり、このことは後述の釣獲適水温が釣針の敷設深度の選択に関して重要な影響を及ぼすものと考察される。

さらに、インド洋では次のような特徴があった。

ベンガル湾及びアラビア海の北部海域では釣獲尾数が少なかったが、熱帯海域における水平方向の釣獲分布が太平洋及び大西洋のように東高西低ではなく、逆に西側で高かった (Fig.4-4)。

中緯度海域の水平分布に関しては、太平洋及び大西洋での西側域では低密度、東側で高密度であったが、インド洋では東西にわたる全域で低密度であった。

インド洋の  $40^{\circ}\text{S}$  以南の海域では、ミナミマグロを対象に多数の釣針を投入している海域である (Fig.4-3)にもかかわらず、メバチの釣獲が0であった区画が広範囲に広がっていた (Fig.4-4)。

これら、上記3つの特徴に関しても、後述する釣獲適水温の分布との密接な関係が推察される。

インド洋におけるメバチの平均的な漁期、漁場及び季節的な回遊傾向を把握するため、同種の各月平均釣獲尾数( $N_{jk}$ )の分布を求め Fig. 4-5 に示した。同図ならびに Fig.4-4 に示した月平均釣獲尾数( $N_k$ )の分布によると、主なメバチの高密度釣獲域は、以下の3海域であった。

- ・西部熱帯海域（アラビア海南部～マダガスカル島北沖）
- ・東部熱帯海域（ジャワ島南沖～スリランカ東沖）
- ・南緯高緯度海域（フリーマントル沖～ケープタウン沖）

西部熱帯海域（アラビア海南部～マダガスカル島北沖）：Fig.4-5 に示す緯度  $0^{\circ}$  以北のアラビア海南部海域には、高密度釣獲域がほぼ周年にわたって形成された。しかし、高密度釣獲域の範囲は季節変化をし、7～8月の間は比較的狭く縮小傾向にある。この時期には最高密度釣獲域が無かった。最高密度釣獲域は9月にアラビア海南部海域(緯度  $5^{\circ} \sim 10^{\circ} \text{ N}$ ・経度  $60^{\circ} \sim 70^{\circ} \text{ E}$ )に現れ、それ以後、12月までほぼ同じ海域を中心に形成された（Fig.4-5）。1月にはこの海域にソマリア沖（緯度  $0^{\circ} \sim 10^{\circ} \text{ N}$ 、経度  $45^{\circ} \sim 55^{\circ} \text{ E}$ ）の最高密度分布域が加わりさらに西側へと広がる。同高密度分布域は3月までソマリア～スリランカ南西沖のアラビア海南部海域一帯にかけて停滞した。

これらの高密度釣獲域は、4月にはその周辺海域にあり、5月以降にはスリランカ西沖では衰退し徐々に狭まった。それに対してソマリア沖では5月まで最高密度釣獲域があり、6月以降は縮小し7～9月には高密度釣獲域がほとんど無くなった。

アラビア海南部海域では、高密度釣獲域が縮小し始める頃と時を同じくして、6月にマダガスカル島北沖の東アフリカ沖（緯度  $0^{\circ} \sim 10^{\circ} \text{ S}$ ・経度  $40^{\circ} \sim 50^{\circ} \text{ E}$ ）に最高密度釣獲域を含めた高密度釣獲域が現れた。8～9月には高密度釣獲域は経度  $70^{\circ} \text{ E}$  まで東へ拡大した。10月以降、この高密度釣獲域は縮



小するが、代わって最高密度釣獲域は9月以降に、この海域の北東域のアラビア海南部海域にある。

このように高密度釣獲域はアラビア海南部海域では1～4月を最も広範囲として9～翌年の6月の間にあり、7～8月に縮小し、マダガスカル島北沖では6～9月にあった。このうち、ソマリア沖では7～9月には高密度釣獲域がほとんど無かった。

以上の現象に関しては、次のような解釈が成り立つ。なお以下の考察において対象としているのはメバチの成熟個体であり、このメバチの成熟個体は、水面下50 mまでの水温が26℃以上の層が存在する海域において多く分布する。ただし、水面下50 mまでの水温が26℃以上という条件は孵化及びその後の稚魚の生育に要求されるものであり、メバチが通常生息しているのは、さらに深い水深が10℃から16℃の層である。また熱帯海域において、成熟個体の産卵は周年にわたり行われる。これらのことを考慮して、以下の考察を進める。

夏期においては、南西の季節風の影響により、ソマリア沖を中心とした海域(Fig.6-5)で湧昇が生じ、水面下50 mまでの水温が26℃よりも低下する。このため釣獲率は当海域全体にわたり低下する。これに対して、冬季では湧昇の影響を受けないため、水面下50 mまでの水温が低下しないため、釣獲率は高くなると考えられる。

以上が先に挙げた諸現象に対する本研究による解釈である。次に述べる2つの海域での現象についても、上記の解釈が当てはまる。

東部熱帯海域（ジャワ島～スリランカ南沖）：ジャワ島南沖はほぼ周年高密度釣獲域となっていたが、その規模は3～6月に最も縮小していた。7月には同島南沖（緯度 $5^{\circ} \sim 15^{\circ} \text{S}$ 、経度 $110^{\circ} \sim 115^{\circ} \text{E}$ ）が最高密度釣獲域となり、以後2月まで同海域～スマトラ島沖合が最高密度釣獲域を含めた高密度釣獲域となっていた。この高密度釣獲域は1～2月に緯度 $5^{\circ} \sim 15^{\circ} \text{S}$ をさらに西側へ拡大し、2月には最も西側のチャゴス諸島海域（経度 $70^{\circ} \sim 75^{\circ} \text{E}$ ）に達した。しかし、3月になると同諸島海域の高密度釣獲域は消滅し、代わって2～4月までに同諸島北側のスリランカ南東沖に北上し、アラビア海南部海域の高密度釣獲域と一体となった。このように、7月以降ジャワ島からスマトラ島沖の高密度釣獲域は翌年の1月から緯度 $5^{\circ} \sim 15^{\circ} \text{S}$ を西進し、2月よりチャゴス諸島東沖をスリランカ南東海域に北上している。その反面、この高密度釣獲域の北上に伴い、東部熱帯海域では前述の通り3～6月に高密度釣獲域が縮小した。

南緯高緯度海域（フリーマントル～南アフリカ沖）：10～翌年3月の南半球の夏期において高密度釣獲域があったのは、主として南アフリカ南東沖及びフリーマントル沿岸沖の2カ所だけであった。

高密度釣獲域は4月からフリーマントル西沖（緯度 $30^{\circ} \sim 35^{\circ} \text{S}$ ・経度 $90^{\circ} \sim 95^{\circ} \text{E}$ ）を中心として沖合へ広がり、月を経ると共に同海域及び緯度 $35^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{S}$ ・経度 $20^{\circ} \sim 25^{\circ} \text{E}$ 、緯度 $30^{\circ} \sim 35^{\circ} \text{S}$ ・経度 $65^{\circ} \sim 75^{\circ} \text{E}$ 、緯度 $30^{\circ} \sim 35^{\circ} \text{S}$ ・経度 $105^{\circ} \sim 110^{\circ} \text{E}$ の各海域を中心として東西に拡大した。そして、7月を最盛期として6～9月にアフリカ～オーストラリア大陸までほぼインド



洋の南緯高緯度海域全域にわたって高密度釣獲域が広がった。しかし、10 月以降はこれらの高密度釣獲域が縮小して、以後翌年の 3 月までは主として南アフリカ南東沖、フリーマントル沿岸沖の 2 ヲ所に限り高密度釣獲域が形成された。

以上のように、熱帯海域と南緯高緯度海域に高密度釣獲域があったが、これら両海域間の緯度  $20^{\circ}\text{S}$  を中心とした緯度  $15^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{S}$  にわたる中緯度海域では年間を通じ高密度釣獲域は無かった。

本研究の中西部熱帯海域における高密度釣獲域の縮小時期 7～8 月に対して久米らの報告 (1971) では 7～9 月と 1 ヲ月長い。また、本研究ではソマリア沖の 7～9 月には高密度釣獲域がほとんど無かったのに対して、久米らはこの期間に漁場があることを述べ、10～12 月に減少するという相違を示している。さらに、本研究ではジャワ島南沖の高密度釣獲域の縮小時期が 3～6 月であったのに対して、久米ら (1971) は 4～6 月と 1 ヲ月長かった。

これらの相違は、本研究では月別の検討というさらに時間的に詳細な考察を行ったのに対し、久米らの報告は 3 ヲ月毎という時間間隔が長いものであるため、漁場の季節的変動を 1 ヲ月単位でより厳密に捉えることができずに生じたものと考えることができる。

一方、久米ら (1971) は南緯高緯度海域の  $80^{\circ}\text{E}$  以西における漁場形成について、資料が少ない 1～3 月は不明ではあるもののメバチが釣獲される可能性は無いだろうという推測をしている。これに対し、本研究では得られた資料

を元にメバチの釣獲は無いことを確認した (Fig.4-5)。

各月平均釣獲尾数( $N_{jk}$ )の分布図の結果に基づき ( Fig 4-5)、インド洋のメバチの漁期、漁場と回遊傾向を模式図的に示したものが Fig.4-6 である。

前述の通り、緯度  $30^{\circ}$  S を中心とした南緯高緯度海域では4～9月の南半球の冬期において高密度釣獲域があり、熱帯海域ではジャワ島周辺で7月、マダガスカル島北沖で6月に出現していることから、この時期に南緯高緯度海域におけるメバチの一部は、これらの熱帯海域に移動していることが推測できる。

以後、ジャワ島周辺の高密度釣獲域は2月までジャワ島～スマトラ島沖に停滞していることから、同沖に9月頃まで南緯高緯度海域より随時メバチの補給が行われ、それ以降2月頃まで分布しているものと考えられる。そして、12～翌年の2月には緯度  $5^{\circ}$  ～  $15^{\circ}$  S 間を西へ移動し、2～4月にはスリランカ南東沖に北上している。

一方、マダガスカル島北沖に6月に出現したメバチは9月以降同島の北東方向にあるアラビア海南部海域に移動し、1～3月にソマリア～スリランカ沖のアラビア海南部海域一帯に高密度釣獲域を形成している。この間、1～2月にメバチは主としてジャワ島～スマトラ島沖とアラビア海南部海域一帯の2海域で釣獲されたが、前者の北上にともない両者は3～4月にスリランカ南沖で合流、釣獲域はソマリア～スリランカ南東沖にかけての海域に拡大される。しかし、4月にはその周辺海域で高密度釣獲域の縮小傾向を示した。

すなわち、南緯高緯度海域におけるメバチは、6、7月頃からマダガスカル



島北沖、ジャワ島沖へ北上し、1～4月頃にかけてソマリア沖～スマトラ島の東西の幅広い熱帯域に分布するものと推測できる。そして、4月頃より同海域で高密度釣獲域が縮小し、南緯高緯度海域で高密度釣獲域が拡大することから、メバチはこの時期から熱帯海域から南緯高緯度海域に移動しているものと推察できる。

このようなメバチの移動は次のような理由によるものと考えられる。先に、インド洋の熱帯海域では、夏期において南西季節風に起因する湧昇のため、水面下 50 m までの水温が低下し、メバチの成熟個体はその習性上、生息するのに十分な状態でなくなることを述べた。この結果、メバチの成熟個体はより生息するのに適した海域を求め南緯高緯度海域へと移動するものと考えられる。

## 2) メバチの鉛直方向の釣獲分布

メバチの鉛直方向の釣獲分布を検討するための資料収集点は 1,198 地点で、Fig.4-7 に示す通りであり、釣針数は 1,871,143 本、釣獲尾数は 11,059 尾であった。

メバチの鉛直方向の釣獲分布についてはインド洋全域の他、地域的な特徴を把握するために海域別分布を調べた。海域設定にあたっては、前述のようにメバチの高密度釣獲域が西部熱帯海域(WA)、東部熱帯海域(EB)及び南緯高緯度海域(SD)の3海域にあり、緯度 20° S を中心とした東西にわたる中緯度海域(MC)で高密度釣獲域が無かったので、Fig.4-7 に示す4海域を設

定した。

なお、緯度  $10^{\circ} \sim 15^{\circ} \text{S}$  間の収集地点については緯度  $10^{\circ} \text{S}$  付近での操業が多いため、これらを熱帯海域に加え、緯度  $15^{\circ} \text{S}$  を海域の境界とした。

西部熱帯海域 (WA) : 緯度  $15^{\circ} \text{S}$  以北・経度  $75^{\circ} \text{E}$  以西

東部熱帯海域 (EB) : 緯度  $15^{\circ} \text{S}$  以北・経度  $75^{\circ} \text{E}$  以東

中緯度海域 (MC) : 緯度  $15^{\circ} \sim 25^{\circ} \text{S}$

南緯高緯度海域 (SD) : 緯度  $25^{\circ} \text{S}$  以南

インド洋全域におけるメバチの鉛直方向の釣獲分布を検討するために、釣針深度 20 m 毎の釣獲率の分布を示したものが Fig.4-8 である。図が示すように、釣針の水深は 61 ~ 280 m 層の広範囲に敷設されたので、鉛直方向の釣獲分布も同範囲にあり、釣獲率は深くなるほど高くなる傾向を示している。

一般的に水深が浅い釣針での釣獲が少ないと言われているメバチについて、61 ~ 80 m 層から 141 ~ 160 m 層における釣獲率は、100 ~ 120 m 層における 3.0 が最高であった。しかし、それ以深の釣獲率は 161 ~ 180 m 層においては 7.1 で、261 ~ 280 m 層においては 15.4 であり、深くなるほどほぼ直線的に増加していた (Fig.4-8)。

釣獲されたメバチの割合は、161 ~ 280 m 層においては全体の 85 %で、そのうち 241 ~ 280 m 層では全体の 40 %であった。281 m 以深の資料は無いが、これらの鉛直方向の釣獲分布傾向から 281 m 以深の釣獲率についても増加の



可能性がある。

このため、主な分布層は 161 m から 280 m 以深にまで広がっているものと推察できる。このことから、メバチが通常多く生息する水温 10 ～ 16 °C の層が 161 m から 280 m 以深までに至っていることによるものと考えられる。

一方、4 海区 (WA, EB, MC, SD) の別の深度別釣獲率の分布については、以下のような傾向を示した (Fig. 4-9)。

西部熱帯海域 (WA) : 釣獲率は 121 ～ 140 m 層までは 2.5 以下と低い。141 ～ 160 m 層の 5.3 から 201 ～ 220 m 層の 10.3 まで直線的に増加し、それ以深の 201 m から 280 m 間ではほぼ同じであった。この間の 141 ～ 280 m 層では全体の 92 % のメバチが釣獲された。281 m 以深の資料は無いが、釣針の敷設深度別メバチの釣獲率の増加傾向から 281 m 以深で同種の鉛直的な分布の可能性はある。

東部熱帯海域 (EB) : 釣獲率は深さとともに増加する傾向を示したが、141 ～ 160 m 層までは 4.9 以下と低かった。しかし、161 ～ 180 m 層の 8.6 から深さとともに 261 ～ 280 m 層の 19.8 まで直線的に増加し、この間の 161 ～ 280 m 層では全体の約 90 % のメバチが釣獲された。

これらメバチの鉛直的な釣獲傾向から西部熱帯海域 (WA) と同様、281 m 以深におけるメバチの釣獲の可能性が推察される。

中緯度海域 (MC) : 釣針は 61 ～ 260 m 層に設置されていた。釣獲率は 0.0 ～ 1.4 と低く、深度による釣獲率の差は無かった。

南緯高緯度海域 (SD) : 釣針は 61 ~ 260 m 層に敷設されていた。釣獲率は 0.7 ~ 4.0 を繰り返したが、深度による釣獲率の相違は顕著でなかった。メバチの鉛直方向の釣獲の傾向は西部熱帯海域 (WA) と東部熱帯海域 (EB) ほどではないが、261 m 以深でも同種の鉛直方向の釣獲の可能性が推察される。

このように、インド洋におけるメバチの鉛直方向の釣獲について、緯度 15° ~ 25° S の中緯度海域 (MC) 及び緯度 25° S 以南の南緯高緯度海域 (SD) では深度による釣獲率の差は無かった。

メバチの釣針別釣獲尾数は、鉛直方向の生息分布の傾向性を示さないという危ぐがある。しかし、一般的に普通縄 (5 本付の場合) の釣針別の釣獲がキハダでは 2 ~ 4 番釣針で、マカジキでは 1、5 番の浅い釣針が多い (花本, 1976) と報告されている。魚種により釣獲された釣針番号により釣獲深度が求められることから、本研究で用いた深度別釣獲率はメバチの釣獲深度から生息深度を推定する手段として有効である。

メバチの鉛直方向の釣獲分布に関して、魚群探知機を用いた調査によると、中西部太平洋では最深 270 m (山中ら, 1966; 俵ら, 1968)、インド洋では 150 ~ 200 m で最も多かった (藤石ら, 1969)。

普通縄による釣獲結果では以下のような報告がなされている。すなわち、1 鉢 5 本付の延縄によるメバチの釣針別釣獲尾数割合は最深の 3 番釣針で最も高いこと (渡辺博之, 1961; 西条, 1970; 花本, 1974; 1976)、他のマグロ類に比べ深海性の餌を捕食しているという胃内容物組成の相違に関すること (渡辺久也,



1958)、主な釣獲層は他のマグロ類に比べ深く、延縄の釣針の到達水深 160 m 以深にあること(花本, 1974)等である。

ハワイ諸島西沖においてメバチに超音波発信機を装着して追跡調査をした報告(Holland *et al.*, 1990)によると、主分布層は夜間は浅く 70 ~ 90 m、日中は深く 200 ~ 240 mであった。これは、本研究での釣獲層が 281 m以深にまで広がっているという推測に対して浅い。

この差が生じた原因は、対象海域が異なったり、試験個体が 75cm 以下と小型であり、本研究で扱った延縄の対象魚である 76cm 以上の 2 歳魚(久米, 1979)の魚体に比較して小さいために生じたものと推察できる。

また、メバチの釣獲深度について、インド洋で行った相模丸のたて縄による試験(神奈川水試, 1966)の報告では、1965 年の場合には 135 ~ 186 m、1966 年には最大深度の釣針 240 mで、メバチの釣獲が最も高かった(花本, 1976)。

一方、フィジー諸島西方海域で行った、斎藤・佐々木(1974)の報告によると、1970 年の場合は最大深度 380 mに位置する釣針において 13 尾/釣針 1,000 本、1971 年は 320 mに位置する釣針において 15 尾/釣針 1,000 本で、最も多くメバチが釣獲された。また、1974 年の試験によると、ハワイ南西海域では最深度の 245 mに位置する釣針において 17 尾/釣針 1,000 本で、最も釣獲尾数が多かった(Saito, 1975)。

これらの試験における釣獲尾数は、それぞれ、5 尾、5 尾、19 尾、25 尾及

び 12 尾と使用釣針数の関係から少ないが、本研究では釣獲が確認された最深釣獲深度 281 m 以深にもメバチが相当分布していることを示唆するものである。



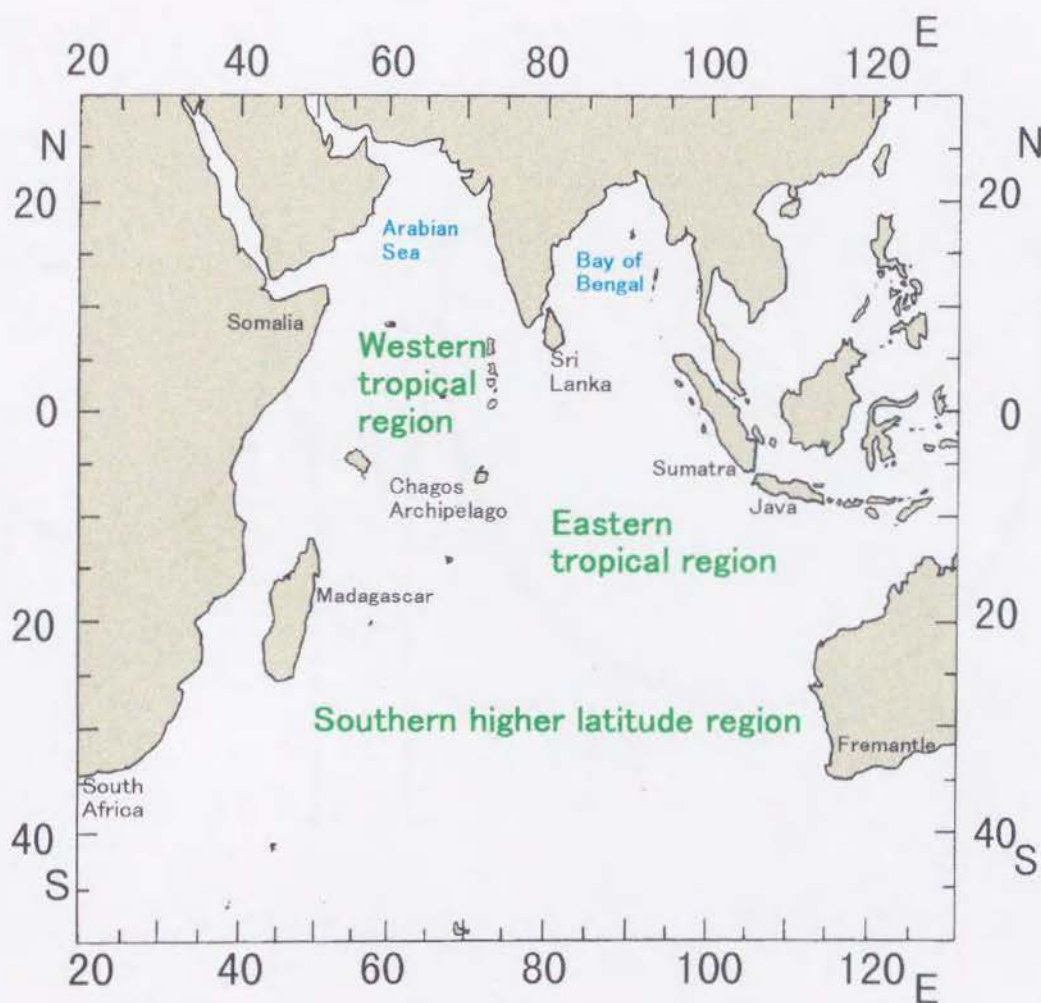


Fig.4-1: Research area of the Indian Ocean.

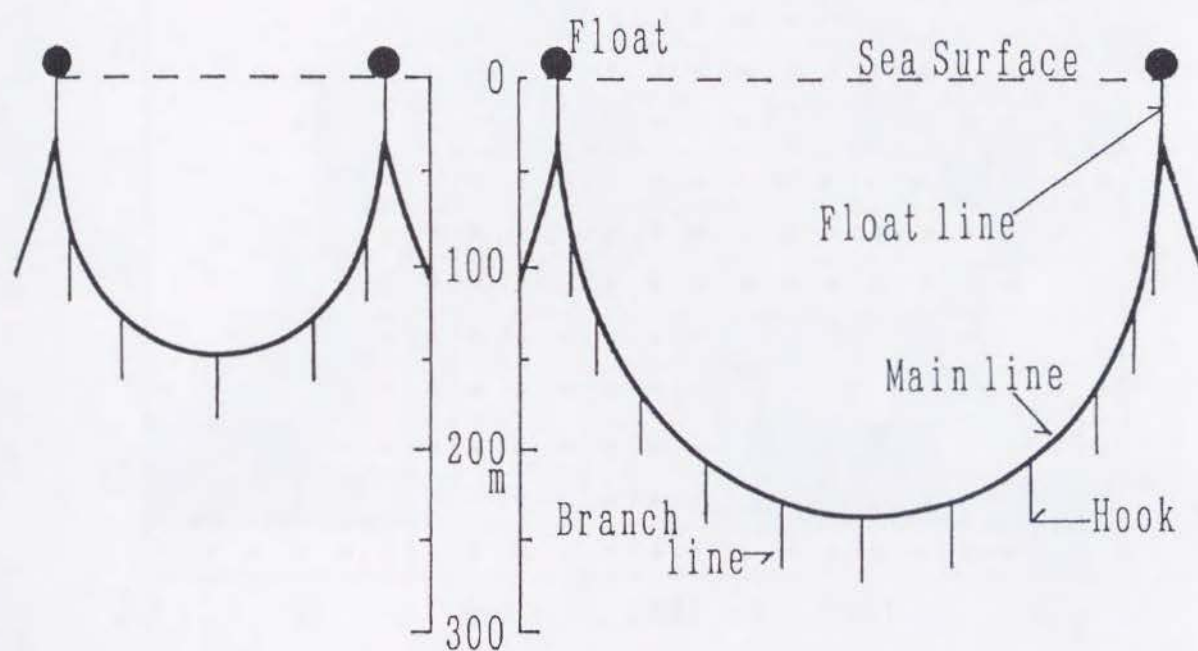


Fig.4-2: Schemata of tuna longline gear structures. The regular gear (left) has 5 branch lines and the deep gear (right) has 11 branch lines.



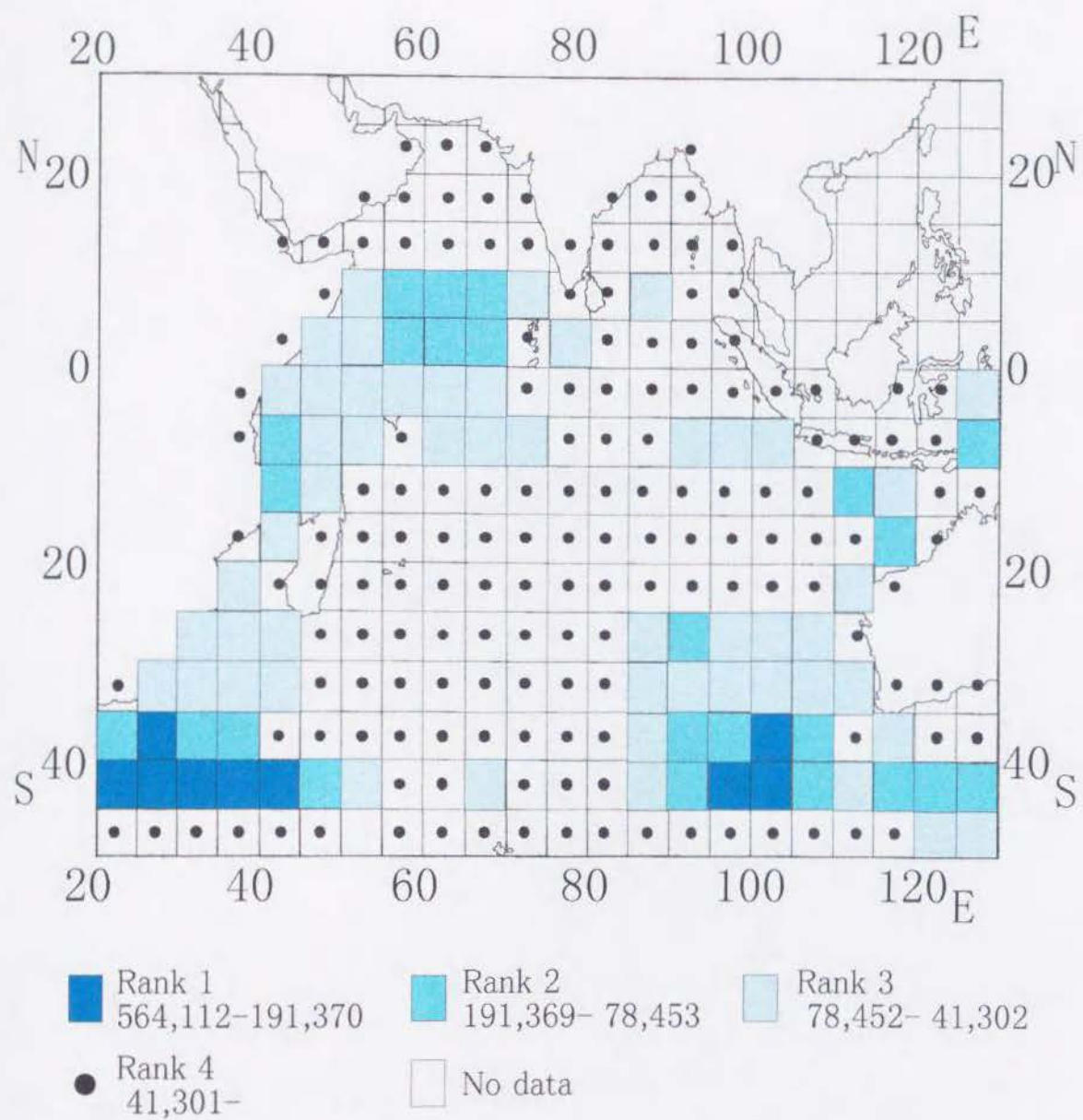


Fig.4-3: Monthly average of hooks in 5° squares by Japanese tuna longline vessels from 1967 to 1991. Symbols of the rank indicate the quantity range of hooks.

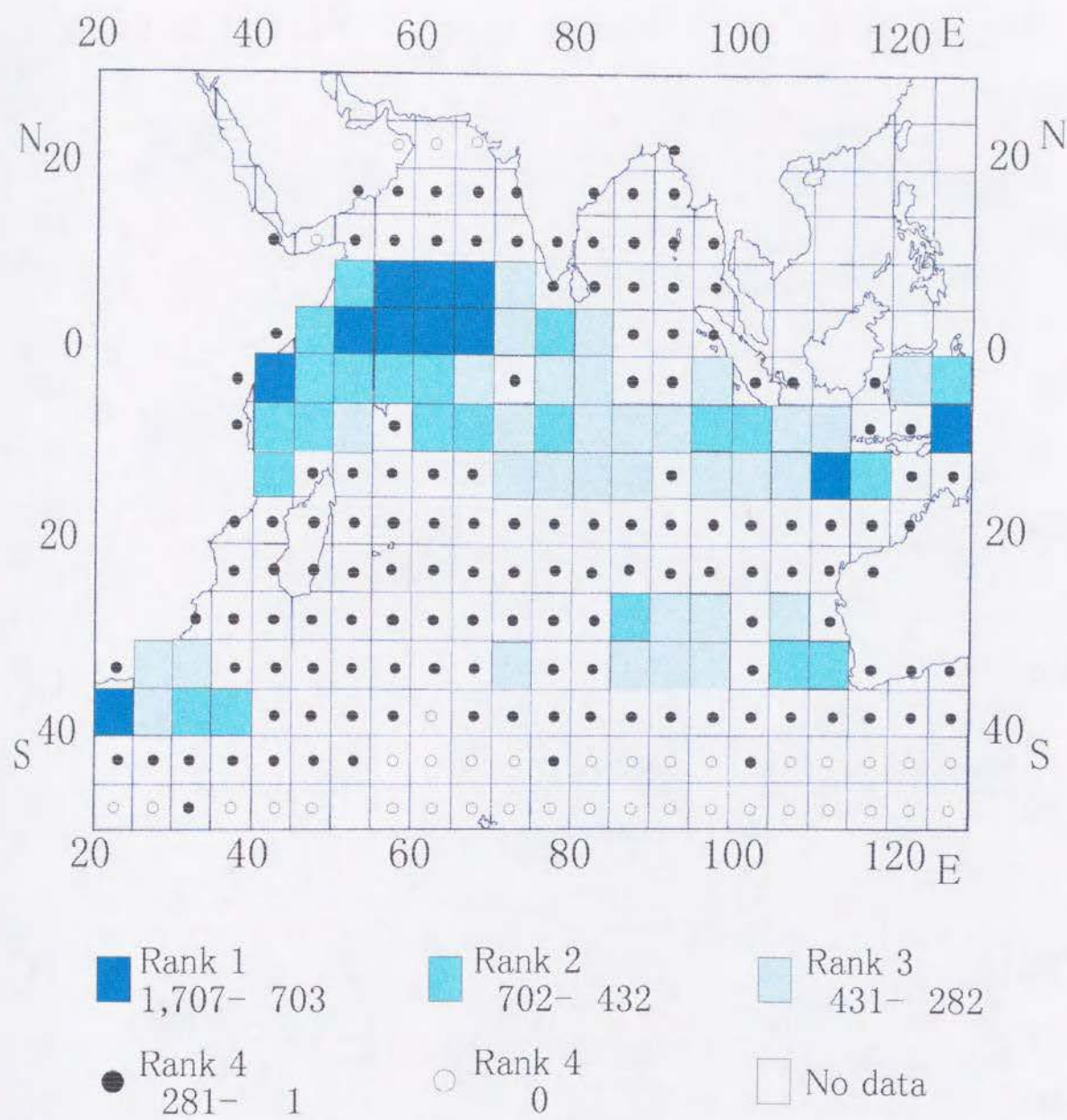


Fig.4-4: Monthly average catch of bigeye tuna in 5° squares by Japanese tuna longline vessels from 1967 to 1991. Symbols of the rank indicate the number of bigeye tuna caught.



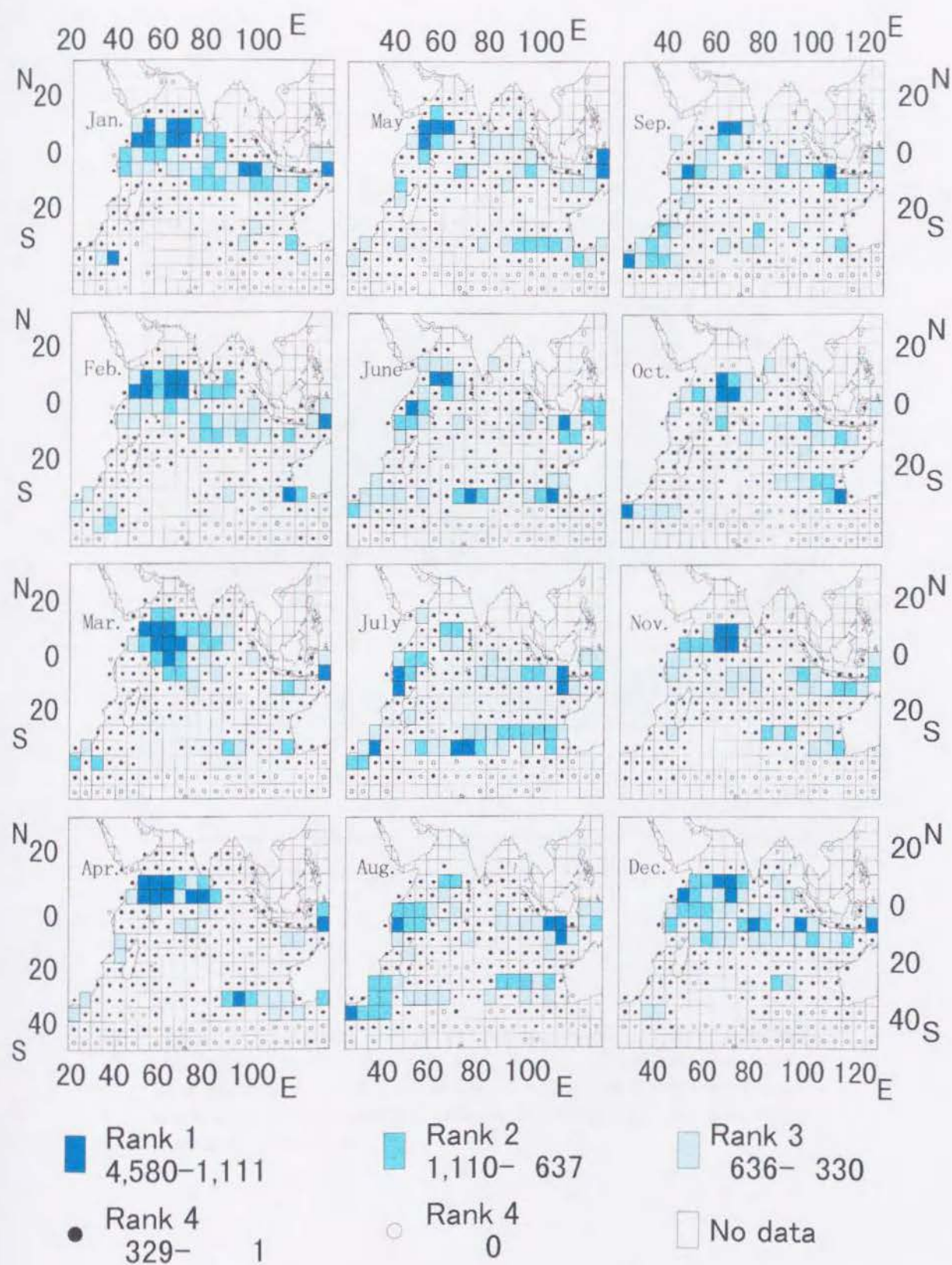


Fig.4-5: Monthly mean catch of bigeye tuna in 5° squares by Japanese tuna longline vessels from 1967 to 1991. Symbols below the charts indicate the number of bigeye tuna caught.

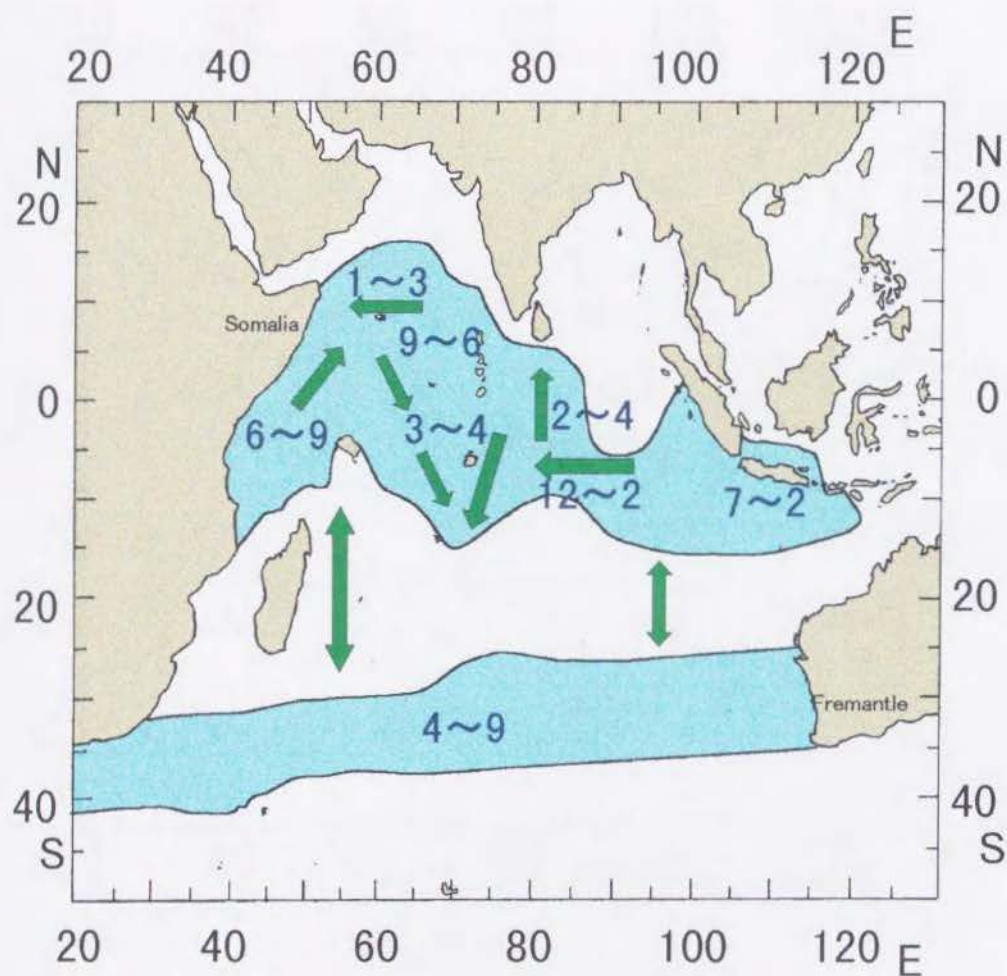


Fig.4-6: Seasonal change in fishing ground of bigeye tuna in the Indian Ocean. Analysis was carried out by Japanese tuna longline fishery from 1967 to 1991. Lines and arrows represent tendencies of the monthly change in fishing grounds and fish migratory directions.



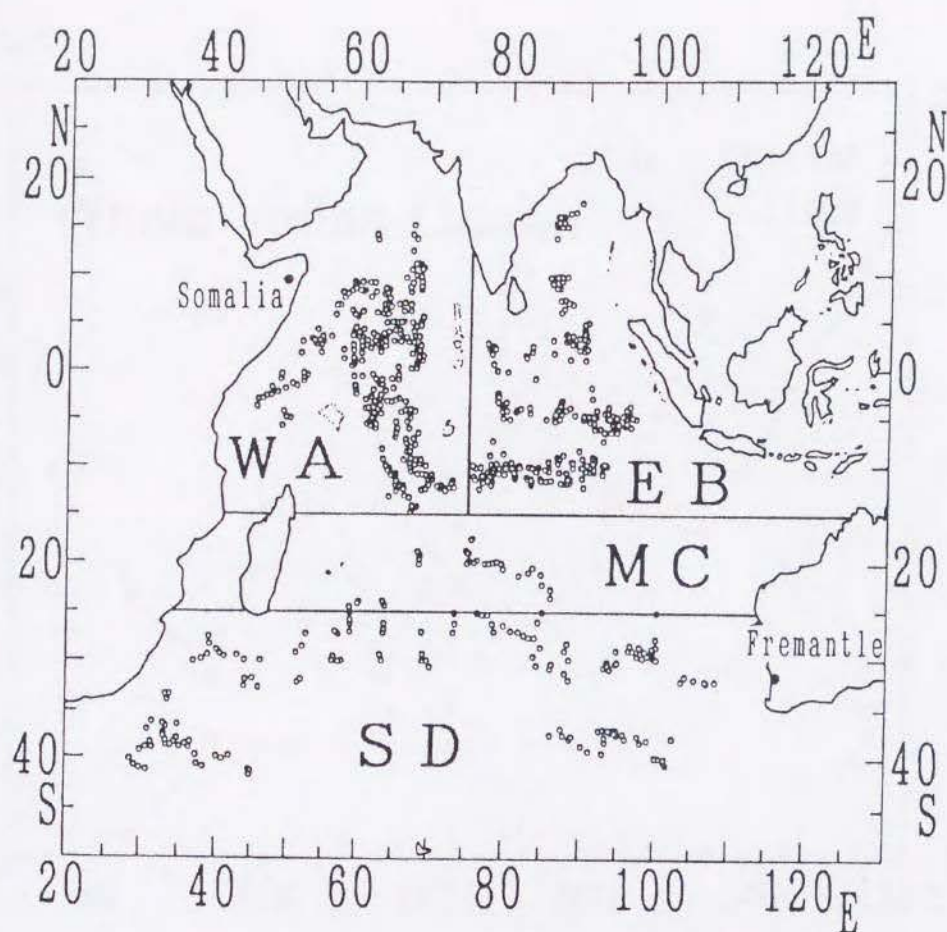


Fig.4-7: Location of data sampling points for serial angling rate. The four sub-areas are:  
 WA; Western Tropical Area A  
 EB; Eastern Tropical Area B  
 MC; Mid-latitude Area C  
 SD; Southern Higher Latitude Area D.

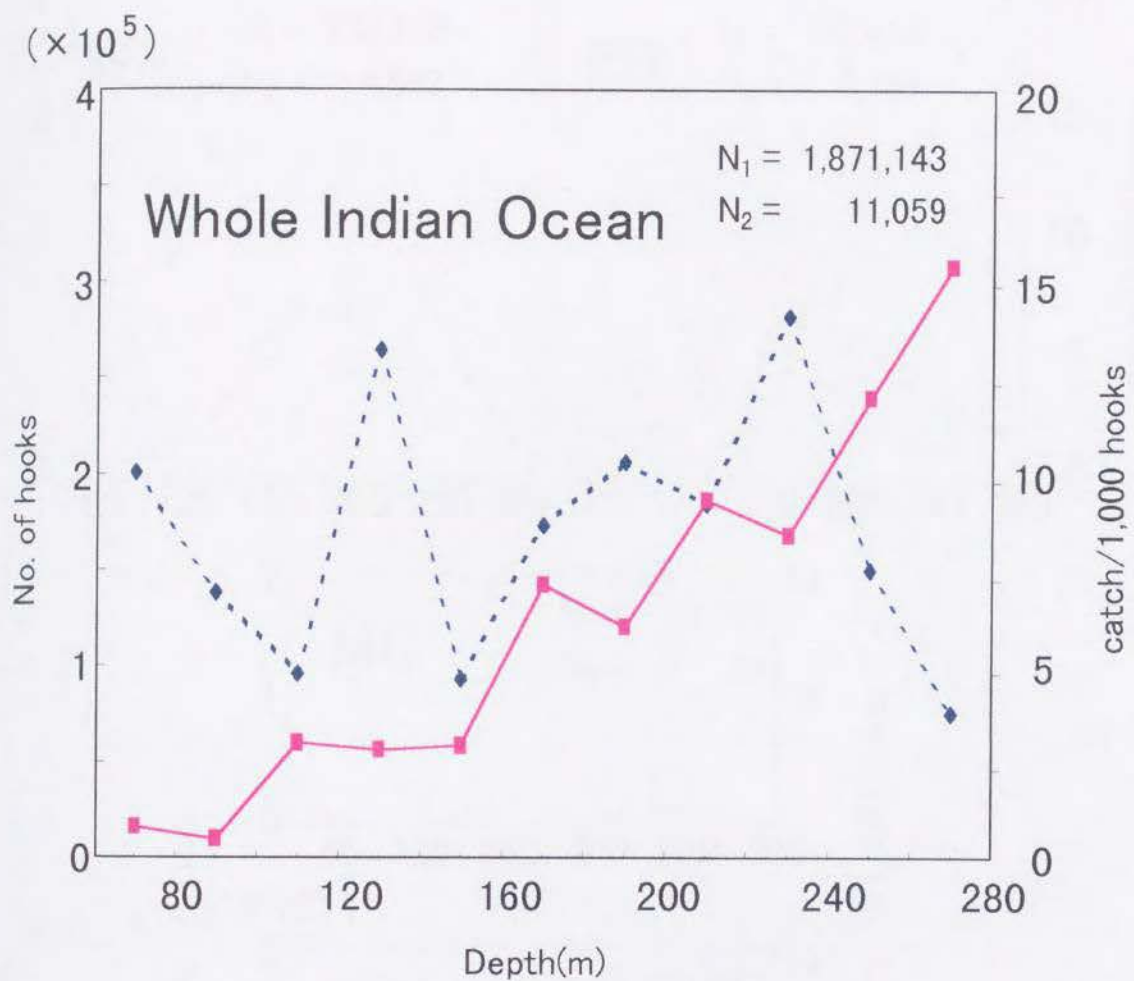


Fig.4-8: Angling rate (catch/1,000 hooks) of bigeye tuna (■) and number of hooks (◆) in the entire Indian Ocean.  $N_1$ = Number of hooks;  $N_2$ = Angled number of bigeye tuna.



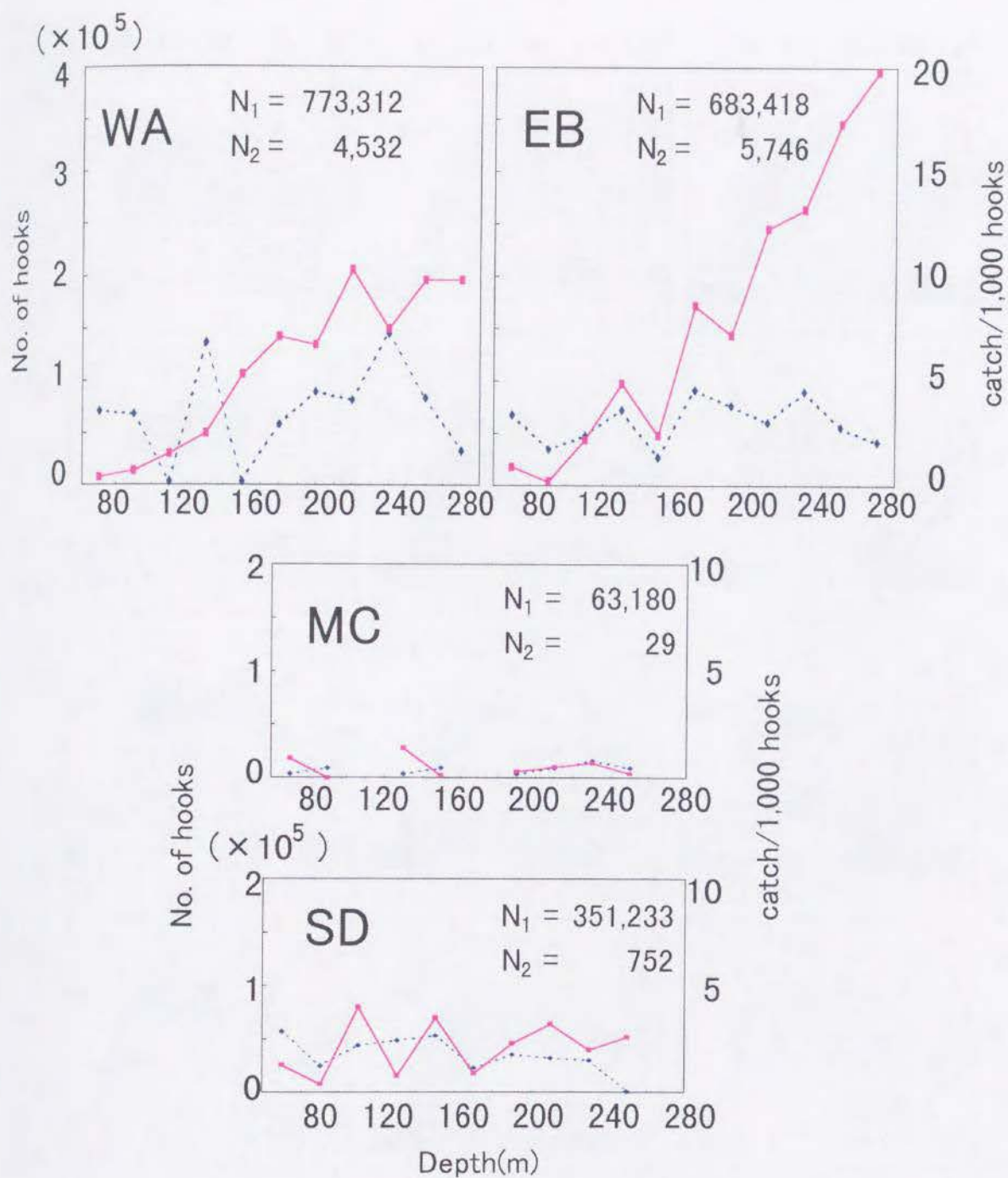
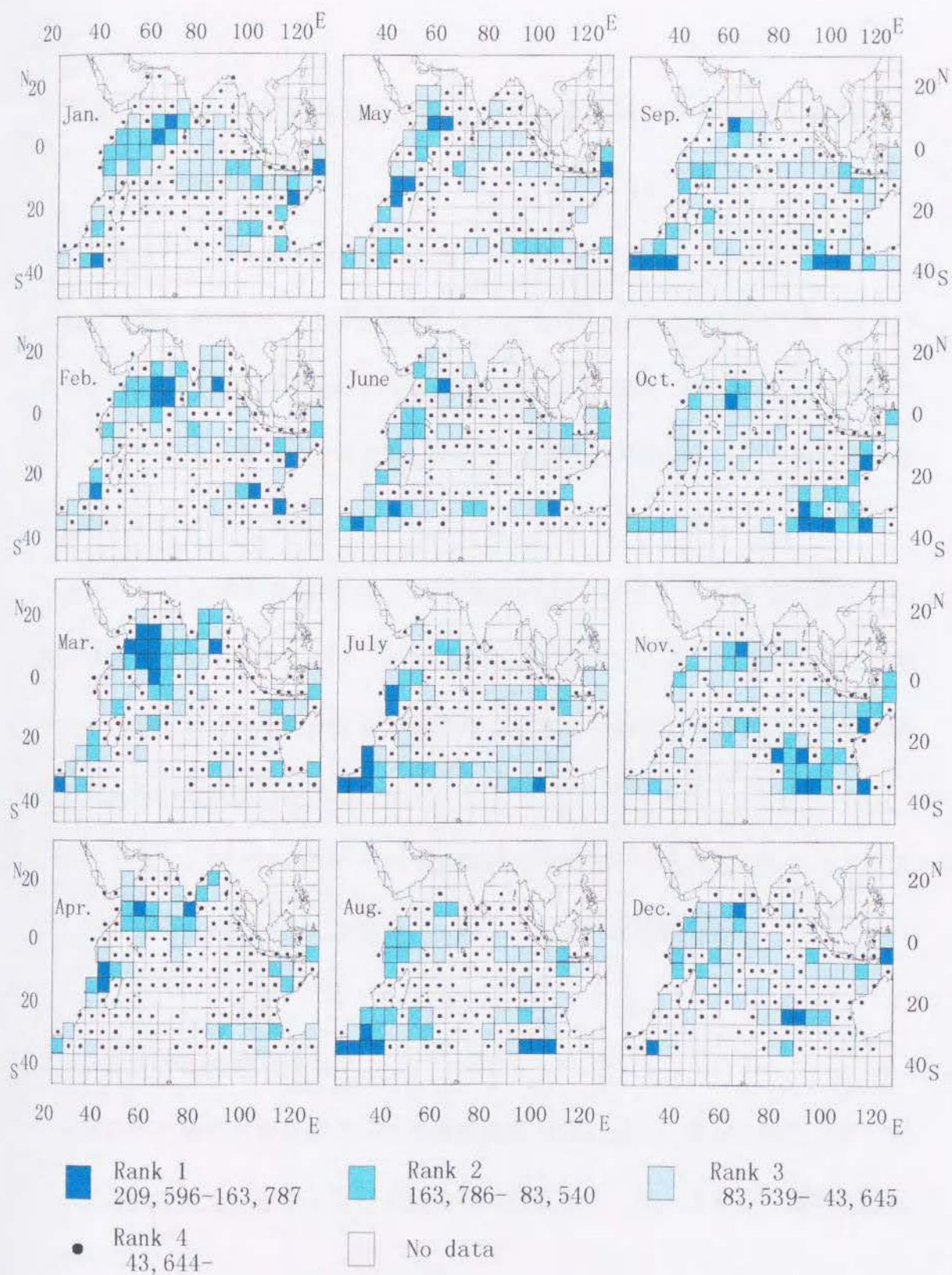


Fig.4-9: Angling rate (catch/1,000 hooks) of bigeye tuna (■) and number of hooks (◆) at each depth for the four sub-areas.  $N_1$ = Number of hooks;  $N_2$ = Angled number of bigeye tuna. Each sub-area is shown in Fig.4-7.





Appendix. Fig.4-1: Monthly mean number of hooks in 5° squares by Japanese tuna longline vessels from 1967 to 1991. Symbols below the charts indicate the number of hooks.



## 第5章 メバチの釣獲と環境要因の関係

### 第1節 メバチの海域別成熟状態・釣獲適水温及び釣獲に対する最小 溶存酸素量

#### 1) 成熟メバチの海域別釣獲域の分布

前述(第4章)の月平均釣獲尾数( $N_k$ )分布から、インド洋におけるメバチの高密度釣獲域は赤道を中心とする熱帯海域と、緯度  $30^{\circ}$  S 線を中心にフリーマントル沖から南アフリカ沖にかけて東西に広がる南緯高緯度海域にあることが明らかになった(Fig.4-4)。

また、各月平均釣獲尾数( $N_k$ )の分布図(Fig.4-5)によると高密度釣獲域の位置は季節によって移り変わり、北東季節風が最も強くなる1月を中心とした時期には熱帯海域に、南西季節風が強くなる7月を中心とした時期には南緯高緯度海域あることが明らかになった。

ここでは、インド洋のメバチの生態解明の一環として高密度釣獲域のメバチが、どのような成熟状態にあるかについて、海域別に検討した。

#### 2) メバチの釣獲適水温

メバチの釣獲深度を決定づける環境要因を知ることは、重要な課題であった。メバチの釣獲深度に影響を及ぼす環境要因は数多く、単一でなく、種々の要因

が組み合わされて影響すると推察できるが、具体的に各々の要因がどのようにメバチに影響を及ぼすか知る必要がある。

数多い環境要因の内、水温は比較的測定が容易であり資料の収集もしやすく、魚類の生息に直接影響を与える要因として、また釣獲の指標の一つとしても重要である。

そのため、魚類に関する環境の研究は主に水温について行われてきた。しかし、メバチの釣獲深度と水温を同時に測定することは多くの困難が伴うため、これらの同時測定の資料は少なく、過去の研究は主として平均水温や表面水温等を用いて行われてきた。

メバチの釣獲適水温に関しても、釣獲と水温との同時測定による資料を用いた研究は、Hanamoto (1987) の太平洋におけるメバチの例や、超音波発信機による遊泳層水温の測定(Holland *et al.*,1990)等しか無く、インド洋のメバチに関する報告はまだ見あたらない。

表面水温は特に日照、風雨といった気象の影響を受けて変動しやすく、短時間の間に変化を生じやすい。また、マグロ類は水温躍層を含む表面から数百メートルの層にわたって生息することが知られている (Holland *et al.*,1990 ; 斉藤・佐々木, 1974 ; Saito, 1975 ; Suzuki *et al.*, 1977;山中,1974) 。

ここでは操業時にメバチの釣獲深度の測定と水温の観測が時空間的に同時に行われた資料、すなわちマグロ延縄による各釣針の深度における釣獲尾数及び水温観測の資料よりメバチの釣獲適水温を求めた。



### 3) メバチの成熟状態と水温の関係

従来の研究によれば、海産魚の成熟に最も関係がある環境要因は水温であるされている（原田，1974；平野，1974；松原；1991）。メバチについて成熟と水温との間に関係が深いという報告（久米，1969 b；1979；久田，1979）から、成熟したメバチが分布する要因に水温との関係が推察できる。

公庁船（水産研究所、水産試験場、水産高校）を除いた一般のマグロ延縄漁船では、その測定が困難なため成熟状態と水温との関係を調査することができない。したがって、メバチの成熟状態と海洋環境との関係についての研究や資料はほとんど無く、太平洋の操業海域での数年間におけるメバチの成熟と水温（久田，1979）、メバチの成熟と表面水温（久米，1969 b；1979）等の関係が報告されているに過ぎない。

そこで、操業地点における釣針の魚体測定と同時に得られた表面から水深300 mの水温資料より、釣針深度におけるメバチの成熟状態と水温との関係を求めた。

### 4) メバチの釣獲深度と溶存酸素量の関係

メバチの釣獲分布に影響する環境要因は、水温の他にも溶存酸素量、餌料生物等が考えられる。このうち、溶存酸素量は、環境要因のなかでもメバチの釣獲以上に生存に直接関わる重要な要因である。

現在、海水中の溶存酸素量に関する多くの資料が収集され、インド洋全域における溶存酸素量の検討を行うことが可能となった。

そこで、各層における観測資料（第3章で述べた日本海洋データセンターの資料）から溶存酸素量の鉛直プロファイルを描き、このプロファイルとメバチの釣獲深度とを比較し、それぞれの特徴からメバチの釣獲と溶存酸素量との関係を求めた。

## 第2節 方 法

### 1) 成熟メバチの海域別釣獲域の分布

各個体について  $G. I.$  (Gonad Index) を前述(第2章)の式

$$G. I. = 10^4 \cdot W / L^3$$

$W$ : 卵巣重量 (g)     $L$ : 尾叉長 (cm)

によって求め、熟度基準（木川, 1953; 1957）にしたがって  $G. I. \geq 3.1$  を成熟メバチとして、その海域別分布を求めた。

### 2) メバチの釣獲適水温

メバチの釣獲深度と水温との関係を考察するために、釣針深度の釣獲尾数と揚縄開始位置でナンゼン採水器またはXBTを用いて観測した水温を同時観測資料と位置付け、メバチの釣獲深度層における水温を求めた。ただし、釣針深



度は、前章（第4章）と同様な方法で求めた。

資料による操業点（ $i$ ）における水温の鉛直プロファイルを描いて釣針深度における  $1^{\circ}\text{C}$  毎の水温（ $t$ ）を求めた。次に、釣針数（ $h_{it}$ ）とメバチの釣獲尾数（ $N_{it}$ ）を求めた。さらに、全操業点にわたって水温  $1^{\circ}\text{C}$  毎の釣針数（ $h_{it}$ ）及び釣獲尾数（ $N_{it}$ ）を集計し、この値より水温  $t^{\circ}\text{C}$  におけるメバチの釣針数 1,000 本当りの釣獲尾数を釣獲率（ $R_t$ ）として求めた。

ここで、水温  $t^{\circ}\text{C}$  における資料数を  $n$  とすれば、

$$R_t = \left( \frac{\sum_{i=1}^n C_{it}}{\sum_{i=1}^n h_{it}} \right) \times 1,000 \quad (6)$$

で表される。

ここで、全資料を通して釣獲率が高い  $R_t \geq 5.0$  での水温範囲を釣獲適水温と定義した。

### 3) メバチの成熟個体と水温の関係

メバチの成熟度の標本を釣獲した操業位置における水温の鉛直プロファイルを描いた。そして、釣獲深度における  $1^{\circ}\text{C}$  毎の水温と  $G. I.$  との関係求めた。さらに、1) 成熟メバチの海域別分布と同様の  $G. I. \geq 3.1$  の成熟個体と水温との関係について検討した。

メバチの成熟個体が釣獲される海域は緯度  $15^{\circ}\text{S}$ （経度  $80^{\circ}\text{E}$  以東では緯度  $20^{\circ}\text{S}$ ）以北の赤道を中心とする熱帯海域であり、南緯高緯度海域ではほとん

ど釣獲が無かった(久米, 1971)。緯度  $15^{\circ}$  S(経度  $80^{\circ}$  E 以東では緯度  $20^{\circ}$  S)以北と以南の海域における表面付近の水温は、北に向かうほど高温、南下するほど低温の傾向を示している。これは成熟と水温との関係において、メバチの釣獲分布層における成熟状態と水温との関係を示すものと考察できる。

#### 4) メバチの釣獲深度と溶存酸素量の関係

I I O E の調査(Wyrtki, 1971)によると、インド洋の緯度  $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$  N以北のベンガル湾及びアラビア海を中心とした海域では、150m 以深の溶存酸素量が  $1 \text{ ml/l}$  以下と少なく、南に向かうにしたがって溶存酸素量が多くなるという特徴が報告されている。しかし、インド洋の東西方向での溶存酸素量の変化は、南北ほど顕著ではない。

そこで、インド洋の南北にわたって、メバチの鉛直方向の釣獲分布と溶存酸素量の鉛直プロファイルを比較することにより、メバチの釣獲深度と溶存酸素量との関係を知ることができると考察し、両者の関係について検討した。

インド洋におけるメバチの鉛直方向の釣獲率を求めるために、深延縄の釣針深度における釣獲尾数を調べ、メバチの鉛直方向の釣獲資料が比較的多い緯度  $20^{\circ}$  N  $\sim$   $15^{\circ}$  S、経度  $85^{\circ} \sim 90^{\circ}$  E の海域を、緯度・経度  $5^{\circ}$  区画毎に分割した。

これらの区画別に 1981  $\sim$  1986 年までに至る使用釣針数及び釣獲率を水深 40 m 毎に集計し、その平均値を以て鉛直方向の分布図を作成した。



溶存酸素量については、各観測資料の深度を比例配分により基準深度 0、10、20、30、50、75、100、125、150、175、200、250、300、400、500、600、700、800、1000 m として求め、さらに比例配分でその溶存酸素量を求めた。区画については緯度、経度 1° 区画とし、その基準深度毎に溶存酸素量を集計し、さらに平均して、これを 1° 区画の基準深度の平均溶存酸素量とした。

### 第3節 結果及び考察

#### 1) 成熟メバチの海域別釣獲域の分布

Fig.5-1 にメバチの海域別体長組成を示した。同図によると緯度 30° S の南緯高緯度海域 (SD) を中心に釣獲されたメバチは中・小型の個体が主体であった。

たとえば、緯度 20° ~ 30° S・経度 80° ~ 100° E の海域で釣獲されたメバチの体長に対しては 80cm 近傍、100cm 近傍、そして 120cm 近傍の 3 通りの長さのものの占める割合が高かった。これらの体長は Kawasaki(1958)の報告によればそれぞれ 2、3 そして 4 才魚に相当するものである。熱帯海域 (WA, EB) においては北に向かうにしたがって、大型個体の占める割合が高くなる。赤道付近におけるメバチの体長が 140 ~ 160cm の 5、6 才魚までが釣獲されていた。特にアラビア海及びベンガル湾の南部では大型個体の占める割合が高くなっていた。一方、東西方向におけるメバチの体長組成の分布は南北方向ほ

ど大きな相違は無かった。

延縄で釣獲された雌について成熟個体の釣獲割合を把握するため、1952 ～ 1987 年(1954 ～ 1955 年を除く)における 5° 区画毎の成熟個体の釣獲割合を示したのが Fig.5-2 である。同図によると、月平均釣獲尾数 ( $N_m$ )が多い海域 (Fig.4-4)を中心として、熱帯海域(WA, EB)では成熟個体の占める割合が高く、南緯高緯度海域(SD)では未成熟個体の占める割合が高かった。

しかし、成熟個体の釣獲割合が高い熱帯海域(WA, EB)といえども、海域別の釣獲割合は季節によって変化することが推察できるので、月別に示したのが Fig.5-3 である。

メバチが高密度釣獲域を形成する海域(Fig.4-5)の西部熱帯海域(WA)、東部熱帯海域(EB)及び南緯高緯度海域(SD)について成熟個体の釣獲割合の季節変動を重ね合わせると、次のような傾向を示した。

西部熱帯海域(WA)：1月から3月までは成熟個体が釣獲される海域は広いが、4月以降には時間の経過と共にその海域は狭くなり、7月と8月にはソマリア沖の緯度  $0^{\circ} \sim 10^{\circ} \text{N}$ ・経度  $50^{\circ} \sim 70^{\circ} \text{E}$  の海域以外では成熟個体はほとんど釣獲されなかった。9月以降は成熟個体が釣獲される海域は時間の経過と共に広がった。

東部熱帯海域(EB)：成熟個体の割合が周年多い海域は西部熱帯海域(WA)のソマリア沖ほど顕著でなかった。1月から3月まで成熟個体が広い範囲で釣獲されたが、4月以降に成熟個体が釣獲された海域は時間の経過と共に狭くな



り、8月には最も縮小した。

以後時間の経過と共に成熟個体が釣獲される海域は緯度  $10^{\circ}$  S 線上を西に広がり、10月には西部熱帯海域にまで達した。

南緯高緯度海域(SD)：周年にわたり成熟個体は釣獲されなかった。

成熟・未成熟個体の海域別の解析結果から、熱帯海域では成熟個体が広範囲にわたって釣獲されるため、この海域のメバチは産卵群であるものと推察する (Fig.5-2)。ただし、成熟個体の釣獲割合は季節によつて変動していた (Fig.5-3)。

一方、南緯高緯度海域(MC)を中心とした高密度釣獲域は、未成熟個体だけで構成されているため索餌群と考察した。

西部熱帯海域(WA)及び東部熱帯海域(EB)では、各月平均釣獲尾数 ( $N_{f\pm}$ ) 分布図 (Fig.4-5) における高密度釣獲域の範囲と成熟個体の分布範囲 (Fig.5-3) が各月ともに一致していた。このため、メバチが熱帯海域(WA, EB)に高密度分布域が形成する要因として、成熟がその一因になっているものと推察できる。

## 2) メバチの釣獲適水温

広域同時性を最大限に確保したメバチの釣針深度における釣獲尾数と水温観測とが行われた 1,014 点は Fig.5-4 に示す通りで、釣針数は 2,298,918 本、釣獲尾数は 11,387 尾であった。

釣獲適水温を調べるため、水温 1℃毎の釣獲率、釣針数及び釣獲尾数の関係を示したのが Fig.5-5 である。図に示すように釣針は水温 9～30℃の間に敷設され、メバチの釣獲水温は 10～30℃の範囲であった。

しかし、メバチの釣獲尾数は 20℃以上で少なく、10℃未満では 0 であり、10～20℃の水温帯で全体の 85%が釣獲された。このうち、12℃をピークとして釣獲率が 8.0 以上と顕著に高い範囲が水温 11～13℃にあった。また、メバチの釣獲率はこの 11～13℃の範囲の低温側では急激に減少し、高温側ではゆるやかに減少していた。

釣獲率が 5.0 以上での水温は低温側で 10℃以上、高温側で 16℃以下にあった (Fig.5-5)。これらのことから、釣獲適水温が 10～16℃の範囲にあることが考察される。

特に、同図によれば 10℃の釣獲率は高いが、釣針数及び釣獲尾数ともに 10℃以上と比べ僅少である。しかし、10℃における釣針数は 17,338 本、漁獲尾数 90 尾、釣獲率 0.52%と比較的大きい値である。

1981 年のインド洋における日本のマグロ延縄漁船の 1 回操業当りの平均使用釣針数 2,490 本 (遠洋水研: まぐろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告) から見ると、7 回操業分に相当し、釣獲率もインド洋の平均の 0.26% (遠洋水研: 同報告) の 2 倍に達していることから、本研究では釣獲適水温の下限側を 10℃と定めた。

また、Fig.5-5 において釣獲率が 5.0 を上回る 16℃を以て釣獲適水温の上限



と推察した。したがって、本研究では水温  $10 \sim 16^{\circ}\text{C}$  を釣獲適水温と定める。

このメバチの釣獲適水温と定めた  $10 \sim 16^{\circ}\text{C}$  の値は、従来の研究から得られた  $20^{\circ}\text{C}$  前後 (Uda, 1957; 須田ら, 1969) に比べて、 $4 \sim 10^{\circ}\text{C}$  も低い。これはインド洋で得られた新しい知見であり、従来の研究は表面水温、またはマグロ延縄漁業に関係無く行われた海洋観測に基づいて論じられた報告である。しかし、本研究ではマグロ延縄の操業と同時観測による釣獲深度の水温から求めた値であることから、より正確な釣獲適水温であると考察される。

ハワイ諸島西方海域において、小型メバチに超音波発信機を装着して追跡調査をした Holland *et al.* (1990) の研究によると、同魚は夜間は  $25^{\circ}\text{C}$  前後の  $20 \sim 90\text{m}$  の深度で遊泳し、昼間は  $14 \sim 17^{\circ}\text{C}$  の深度  $191 \sim 250\text{m}$  で遊泳することが報告されている。

実験魚の尾叉長が  $57 \sim 74\text{cm}$  であり、本報告で扱った延縄の対象魚である2歳魚( $76\text{cm}$ )以上の魚体に比べて小さい。一般に小型魚は表層を遊泳し、海域も異なることから一概には論じられないが、上記の  $14 \sim 17^{\circ}\text{C}$  は本研究の釣獲適水温の高温側に近い値である。

しかし、本研究の釣獲適水温  $10 \sim 16^{\circ}\text{C}$  に対し、Holland らの報告では、 $14^{\circ}\text{C}$  以下での小型個体の遊泳は極くわずかである。同報告における小型メバチの遊泳記録を見ると  $250\text{m}$  以深での水温は  $14^{\circ}\text{C}$  以下で小型メバチの遊泳はほとんど無かった。これは、小型メバチの  $250\text{m}$  以深での遊泳の可能性が少ないことによるものと推察できる。

したがって、小型個体の場合に限れば、水温と同時に水深による水圧が遊泳に影響を及ぼす可能性もあり、これが 250m 以深 14 °C 以下での遊泳が少ない原因ではないかと推察できる。

一方、本研究で求めた釣獲適水温 10 ~ 16 °C の値は、太平洋において深延縄の釣獲と水温の同時観測から求めた 10 ~ 15 °C (Hanamoto, 1987) 及びたて縄の釣獲から求めた 11 ~ 15 °C (Saito, 1975) とほぼ一致している。このことは、メバチの釣獲適水温は太平洋とインド洋とで大きな差が無いことを示すものである。

本研究の結果、メバチの釣獲は 10 °C 未満で使用釣針数 1,200 本に対して 0 であることが判明した。ゆえに、メバチは 10 °C 以下の釣獲には適さないものと推察した。

メバチの釣獲適水温について、前述（第 4 章）の海域（WA, EB, MC, SD）別の特徴を把握するため、Fig.5-4 に示すように 4 海域を設定し、メバチの釣獲層における水温と釣獲率との関係を上述の海域別に示したのが Fig.5-6 である。同図によると、西部熱帯海域（WA）と東部熱帯海域（EB）では釣獲率が 5.0 以上にまで達し、その水温範囲はそれぞれ西部熱帯海域(WA)の 10 ~ 15 °C と東部熱帯海域(EB)の 10 ~ 18 °C であった。

中緯度海域（MC）と南緯高緯度海域（SD）では釣獲率が 5.0 を越えたのは僅かであったため、釣獲率が比較的高い 2.0 以上の水温範囲を調べたところ、中緯度海域(MC)の 12 ~ 16 °C と南緯高緯度海域(SD)の 10 ~ 17 °C であった。



いずれの海域においてもメバチの釣獲率が高い区画は、 $10^{\circ}\text{C} \sim 16^{\circ}\text{C}$ の釣獲適水温から $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ の近傍であった。このことは、メバチの釣獲適水温が海域によって大きく相違しないことを示している

Fig.5-6 の水温の高温側において、メバチの釣獲率が0に近い値を示した範囲は、西部熱帯海域(WA)と東部熱帯海域(EB)では広く、南緯高緯度海域(SD)に向かうほど狭くなっていた。その高温側までの水温は西部熱帯海域(WA)と東部熱帯海域(EB)では $28^{\circ}\text{C}$ と $29^{\circ}\text{C}$ まで達していたが、中緯度海域(MC)では $25^{\circ}\text{C}$ 、南緯高緯度海域(SD)では $23^{\circ}\text{C}$ であった。

この原因について、延縄の釣針敷設深度と水温深度との関連があるものと推察した。すなわち、60 mから 300 mまでの深度範囲に敷設される深延縄の釣針に対して、熱帯海域(WA, EB)では深層から表面に向かうにしたがって水温が高くなるのに対し、南緯高緯度海域(SD)では深層から表面までの水温がほぼ一定の低温の範囲に留まっている。このため、Fig.5-6 に示すようにメバチの釣獲率が0を上回る値を示した高温側の水温範囲は熱帯海域(WA, EB)ほど広く、南緯高緯度海域(SD)では狭かったものと考えた。

これらの高温側の水温とメバチの鉛直方向の釣獲との関係を明確にするため、メバチの釣獲深度と水温との関係を釣獲率で示したのが Fig.5-7 である。この図によると、西部熱帯海域(WA)と東部熱帯海域(EB)において、釣獲率は約 150 mを境として以深では高く、以浅では低くなっている。このような現象は図の南緯高緯度海域(SD)で示すように、熱帯海域(WA, EB)以

南では顕著ではない。熱帯海域(WA, EB)で釣獲率が高い 150m 以深の水温を調べてみると、釣獲適水温の 10℃から 16℃近傍にあった。

これに対して、南緯高緯度海域(SD)の釣獲適水温 10 ~ 16℃は 80 mから 280 mまでの広範囲にあった。

メバチの海域別における鉛直方向の釣獲分布によると、釣獲率は熱帯海域(WA, EB)において深さと共に増加していた (Fig.4-9)。しかし、南緯高緯度海域 (SD) では深度による差は無かった。この傾向(Fig.4-9)は Fig.5-7 で示した釣獲深度と水温との関係と同様であったこと、さらに釣獲適水温における釣獲率が高かったことは、メバチの鉛直方向の釣獲分布が釣獲適水温に影響されるものと考察する。

メバチの鉛直方向の釣獲に関して、従来から胃内容物組成の相違 (渡辺久也, 1958)、深度計による釣獲記録 (渡辺博之, 1961) 及び釣獲試験の結果 (斉藤・佐々木, 1974; Saito., 1975; 上条, 1963; 花本, 1976) 等からメバチの釣獲層は他のマグロ類に比べ深いといわれる。事実、たて縄の試験結果 (斉藤・佐々木, 1974) では 300 m 以深で多くのメバチが釣獲されている。

また、太平洋の西部では釣獲適水温の低温側の 10℃が 600 m までに達している (Hanamoto, 1987) と報告されている。低温側 10℃の水温分布から、メバチは相当深くに分布することが推察される。

本研究で得られた結果は、最深部の釣針を 300 m まで敷設可能な深延縄を用いて得られた釣獲適水温 10 ~ 16℃に基づく結果である。このため、メバチ



が 300 m 以深において、水深による水圧等の影響の調査が今後必要とされる。

### 3) メバチの成熟状態と水温の関係

Fig.5-8 に、釣針敷設深度における水温と G.I. との関係を示した。同図によると、メバチの釣獲された水温範囲は  $11 \sim 28^{\circ}\text{C}$  の広範囲にあり、G.I. は水温の相違にかかわらず、西部熱帯海域(WA)では  $G.I. = 0 \sim 14.8$ 、東部熱帯海域(EB)では  $0 \sim 10$  までの広範囲である。また、釣針敷設深度の水温と成熟基準  $G.I. \geq 3.1$  との関係に着目し、釣針敷設深度における水温と成熟との関係を調べたが相関を示さなかった。

しかし、Fig.5-5 で得られた釣獲適水温  $10 \sim 16^{\circ}\text{C}$  に近い、 $11^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$  の範囲で多くのメバチが釣獲されることから、成熟状態の相違にかかわらず、鉛直方向の釣獲分布の中心は釣獲適水温の近傍にあるものと推察される。

西部熱帯海域(WA)ではほとんどのメバチが釣針の最大深度が約 300 m に達する深延縄で釣獲されたのに対して、東部熱帯海域(EB)では約半数のメバチが釣針の最大深度が約 150 m に達する普通延縄で釣獲されている。したがって、東部熱帯海域(EB)より西部熱帯海域(WA)の方が釣針を釣獲適水温 ( $10 \sim 16^{\circ}\text{C}$ ) 付近に敷設しやすくなる。

この結果、Fig.5-8 に示すメバチの釣獲水温範囲は、西部熱帯海域(WA)では釣獲適水温付近に近く、東部熱帯海域(EB)では  $11 \sim 27^{\circ}\text{C}$  の範囲になることが推察される。

上述のように、釣針敷設深度における水温とG.I.の間には関係が無かったが、既往の研究によれば、メバチの釣獲水温と成熟との関係は深いという報告(久米, 1969 b ; 1979 ; 久田, 1979)がある。今後、釣針敷設深度 80m ~ 300m 以外についても釣獲水温と成熟との関係について調査する必要がある。

そのために、水温の鉛直プロファイルの特徴を把握することが第1である。成熟個体が釣獲された西部熱帯海域(WA)及び東部熱帯海域(EB)と、釣獲されない中緯度海域(MC)及び南緯高緯度海域(SD)とに分けて(Fig.5-2, Fig.5-4)、操業と同時に海洋観測が行われた地点における水温の鉛直プロファイルを示したのが Fig.5-9 である。同図では水温の平均値 $\bar{x}$ を黒丸とし、平均値に対して標準偏差 $\sigma$ を用いて、 $\bar{x} \pm \sigma$ を横線で示した。

同図に示すように、成熟個体が釣獲される熱帯海域(WA, EB)の水温は、表面から 50 mまでは西部熱帯海域(WA)及び東部熱帯海域(EB)ともに 28℃とほぼ一定で、50 m以深では深さと共に水温は低下し、水深 300 mでは 11 ~ 12℃であった。また、以南の中緯度海域(MC)及び南緯高緯度海域(SD)における特徴は、表面水温が南下するほど低温であることである。

渡部(1970)の報告によれば、表面から 50 mまでの水温は産卵親魚の生存のためよりも卵、稚仔魚の生存にとって重要であると考えられている。また、上柳(1969)はメバチの稚仔魚の鉛直方向の分布は表面から 50 mであるとし、久田(1979)は成熟個体の分布が表面から 50 mまでの水温と関係がある可能性を報告している。



そこで、本研究ではメバチの成熟個体の分布は卵、稚仔魚の生存のために表層から 50 m までの水温と関係があるものと推察し、第 1 に成熟個体が釣獲される海域において水温の鉛直プロファイルの特徴を捉えることを試みた。

成熟個体が釣獲された海域(Fig.5-9)において、表面から 50 m までの平均水温で最も高温なのは西部熱帯海域(WA)の 28.2 °C と東部熱帯海域(EB)の 28.9 °C であり、50 m での水温は西部熱帯海域(WA)で 27.8 °C、東部熱帯海域(EB)で 28.4 °C であった。

用いた資料は、釣獲と水温観測が可能な限り同時に行われたものとはいえ、水温資料は延縄操業 1 回につき 1 ヲ所（揚縄開始点）の観測で得られたものである。そのため、観測点と釣獲位置との間に距離で 0 ～ 70km、時間で 0 ～ 9 時間の差がある。また、ここで用いた釣獲深度の一部を除いては懸垂曲線として計算により求めた。したがって、本研究で用いた釣針深度及び釣獲水温にはある程度の差異があると推察される。

また、標準偏差値を用いて水深 50 m の平均水温値に対する水温範囲を  $\bar{x} - 3\sigma$  で求めたところ、西部熱帯海域 (WA) では 26.1 °C、東部熱帯海域 (EB) では 26.8 °C であった。この結果から、成熟個体は西部熱帯海域(WA) 及び東部熱帯海域(EB)のように表面から 50 m までの水温が 26 °C 以上である海域に分布するものと推論した。

メバチの成熟個体が釣獲される海域について、表面から 50 m の水温が 26 °C 以上とした本研究の結果は、久田(1979)が 24 °C 以上とした結果よりも 2 °C 高

かった。この違いは、本研究では釣獲深度と水温の同時観測から求めたのに対して、久田は数年間の水温資料の平均値から求めたことにより生じたものと考えた。

Fig.5-9 から、中緯度海域(MC)での平均水温は表面で  $27^{\circ}\text{C}$ 、10 m 層で  $25.5^{\circ}\text{C}$  である。南緯高緯度海域(SD)における表面の平均水温は  $16^{\circ}\text{C}$  であり、10 m 以深では表面水温以下である。このため、メバチの成熟個体が中緯度海域(MC)及び南緯高緯度海域(SD)で釣獲されなかった原因の一つとして、表面から 50 m までの水温が  $26^{\circ}\text{C}$  に達しなかったことが影響していると考察できる。

成熟した個体の産卵、孵化及び孵化稚仔魚と分布層と水温との関係について次の報告がなされている。上柳(1969)は、マグロ類の親魚の産卵水深は、稚仔魚の分布とほぼ同じである表面から 50 m 前後であるものとし、稚仔魚が分布する層の水温は  $24^{\circ}\text{C}$  以上であるとしている。

メバチの受精卵、孵化及び稚魚の生存率が最も良好である水温について、安武ら(1973)は  $26 \sim 28^{\circ}\text{C}$  であるとし、また人工授精に用いた産卵直前の親魚を捕獲した海域の表面水温は  $26 \sim 27^{\circ}\text{C}$  であると報告している。

メバチに関する高密度釣獲域の消長時期については、熱帯海域(WA, EB)と南緯高緯度海域(SD)とではほぼ反対であった( Fig.4-5)。すなわち、熱帯海域(WA, EB)と南緯高緯度海域(SD)において、一方が拡大する時期は他方が縮小し、他方が拡大する時期には一方が縮小していた。

本研究で得られた結果から、インド洋のメバチについて熱帯海域



(WA, EB)での個体は成熟状態であり、南緯高緯度海域(SD)の個体は未成熟であった( Fig.5-2)。そして、この成熟個体が分布する海域とメバチの卵・稚魚が分布する海域(上柳, 1969)とはほぼ一致しているため、卵・稚魚の分布からメバチの成熟個体の分布を知ることができるはずである。

以上の結果をもとに、メバチの成熟に伴う回遊傾向について検討すると、南緯高緯度海域(SD)において高密度釣獲域を形成した成魚から成る索餌群は、成熟の進行に伴い卵・稚魚の生き残りに適した表面から 50 m層が 26℃以上になる水温を目指し、赤道を中心とする熱帯海域(WA, EB)に向かい回遊する。その後、成魚の成熟個体は産卵を終え、再び南緯高緯度海域(SD)に索餌回遊するものと推察できる。

熱帯海域(WA, EB)におけるメバチの鉛直移動については、本研究において詳細を知ることにはできないが、須田ら(1969)の研究から推測すると、熱帯海域(WA, EB)における成熟の個体は産卵の際、主たる生息層を離れて高温の上層に向かい産卵し、産卵を終えて再び主たる生息層に戻るというサイクルを繰り返しているものと考察できる。

本研究ではメバチの成熟状態と水温との関係について、季節変化を考慮せずに海域別に検討を行った。しかし、成熟個体が分布する範囲は季節によって移動するので( Fig.5-3)、次章では季節変化の影響を考慮して検討を行う。

#### 4) メバチの釣獲と溶存酸素量の関係

鉛直方向の釣獲分布を調べるための操業点と、ここで設定した海区を Fig.5-10 に示す。比較的資料の多い緯度  $20^{\circ}\text{N} \sim 15^{\circ}\text{S}$ 、経度  $85^{\circ} \sim 90^{\circ}\text{E}$  の海域について、A から G まで緯度経度  $5^{\circ}$  区画毎の 7 海区に分割し、これらの海区別に深度 40 m 毎の釣針数、釣獲率の鉛直方向の分布図を作成し、Fig.5-11a 及び Fig.5-11b に示した。釣獲適水温を求める際に用いた Fig. 5-5 と同様に、釣獲率の値が 5.0 を上回る釣獲分布層に着目し、この層を主な分布層とした。

Fig.5-11a によると、 $10^{\circ}\text{N}$  以北の A、B 海区では延縄の釣針が 40 ~ 240 m 層、40 ~ 280 m 層に敷設されたが、どの層でもメバチの釣獲率は 0 または 0 に近い値であった。

C 海区での鉛直方向の釣獲分布について、80 m 層以深で釣獲率が 5.0 に近い層は 120 ~ 200 m 層、D 海区では鉛直方向の釣獲分布が 120 m 層以深であり、釣獲率 5.0 以上の主な分布層は 160 ~ 240 m 層にあった。

Fig.5-11b によると、赤道以南、緯度  $0^{\circ} \sim 15^{\circ}\text{S}$  の E ~ G 海区における釣獲率は 120 m 層以深で高くなり、釣針敷設層が最も深い 240 ~ 280 m で最大であった。

緯度  $30^{\circ}\text{S}$  を境として以北では経度  $90^{\circ}\text{E}$ 、以南では経度  $104^{\circ}\text{E}$  の鉛直方向における 2 つのプロファイルの溶存酸素量を示したのが Fig.5-12 である。この図から、緯度  $10^{\circ} \sim 20^{\circ}\text{N}$  付近では溶存酸素量の躍層が 50 ~ 100 m にあり、



溶存酸素量は躍層以深では  $1 \text{ ml/l}$  以下であった。溶存酸素量  $1 \text{ ml/l}$  の等深線は緯度  $10^\circ \text{ N}$  以南では南方に行くに従い徐々に深くなり、緯度  $5^\circ \text{ N}$  で  $200 \text{ m}$  付近に達した後、緯度  $4^\circ \text{ N}$  では  $600 \text{ m}$  にまで達していた。

A、B 海域 (Fig.5-12) における溶存酸素量  $1 \text{ ml/l}$  の値は  $100 \text{ m}$  付近にあり、これ以深の溶存酸素量は  $1 \text{ ml/l}$  以下である。A、B 海域では釣針深度の大半が、溶存酸素量  $1 \text{ ml/l}$  以下の深度に敷設されたため、釣獲率が 0 に近い値を示したものと推察できる (Fig.5-11 a)。

Fig.5-12 において溶存酸素量の  $1 \text{ ml/l}$  が A、B 海域よりも深く、 $100 \sim 150 \text{ m}$  にある C～G 海域では、メバチの釣獲は  $80$  または  $120 \text{ m}$  以深であった (Fig.5-11a, Fig.5-11b)。このうち、赤道以南の E、F 及び G 海区 (Fig.5-11b) では釣獲率が  $160 \text{ m}$  から深いほど高く、釣針が敷設された最深層で最大であった。

日本のマグロ延縄漁船などでは通常、釣針を  $100 \sim 250 \text{ m}$  深に敷設してメバチを釣獲している。A、B 海域で特に顕著にであったように、釣針が敷設される  $100 \text{ m}$  以深の溶存酸素量は  $1 \text{ ml/l}$  以下であるため釣獲が少なかったものと考察した。

これらの結果から、本研究ではインド洋におけるメバチの釣獲に適する溶存酸素量は  $1 \text{ ml/l}$  以上とした。この値は太平洋におけるメバチの釣獲に対する最小溶存酸素量を  $1 \text{ ml/l}$  (花本, 1975) とした報告の値と同じである。

したがって、海域に関係無くメバチの釣獲に対する最小溶存酸素量は  $1$

$m\ell/\ell$  以上であると考察される。



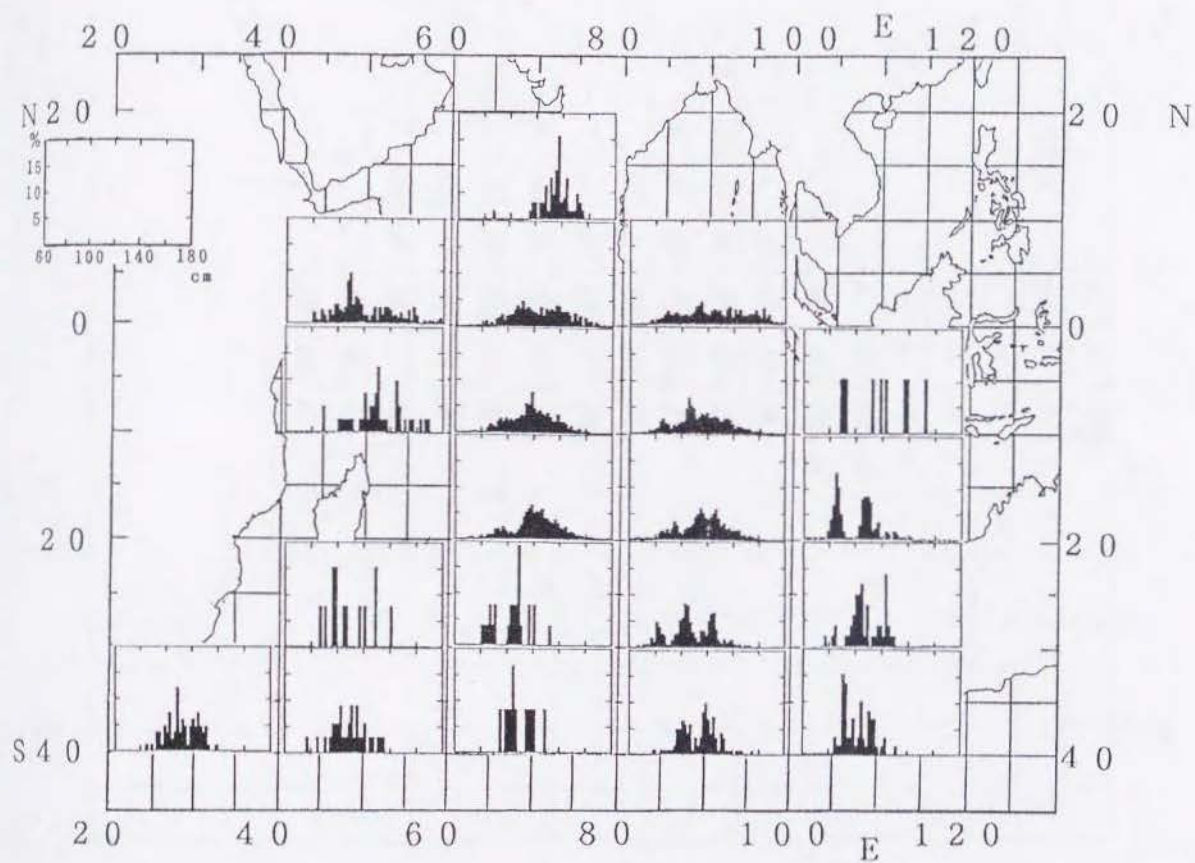
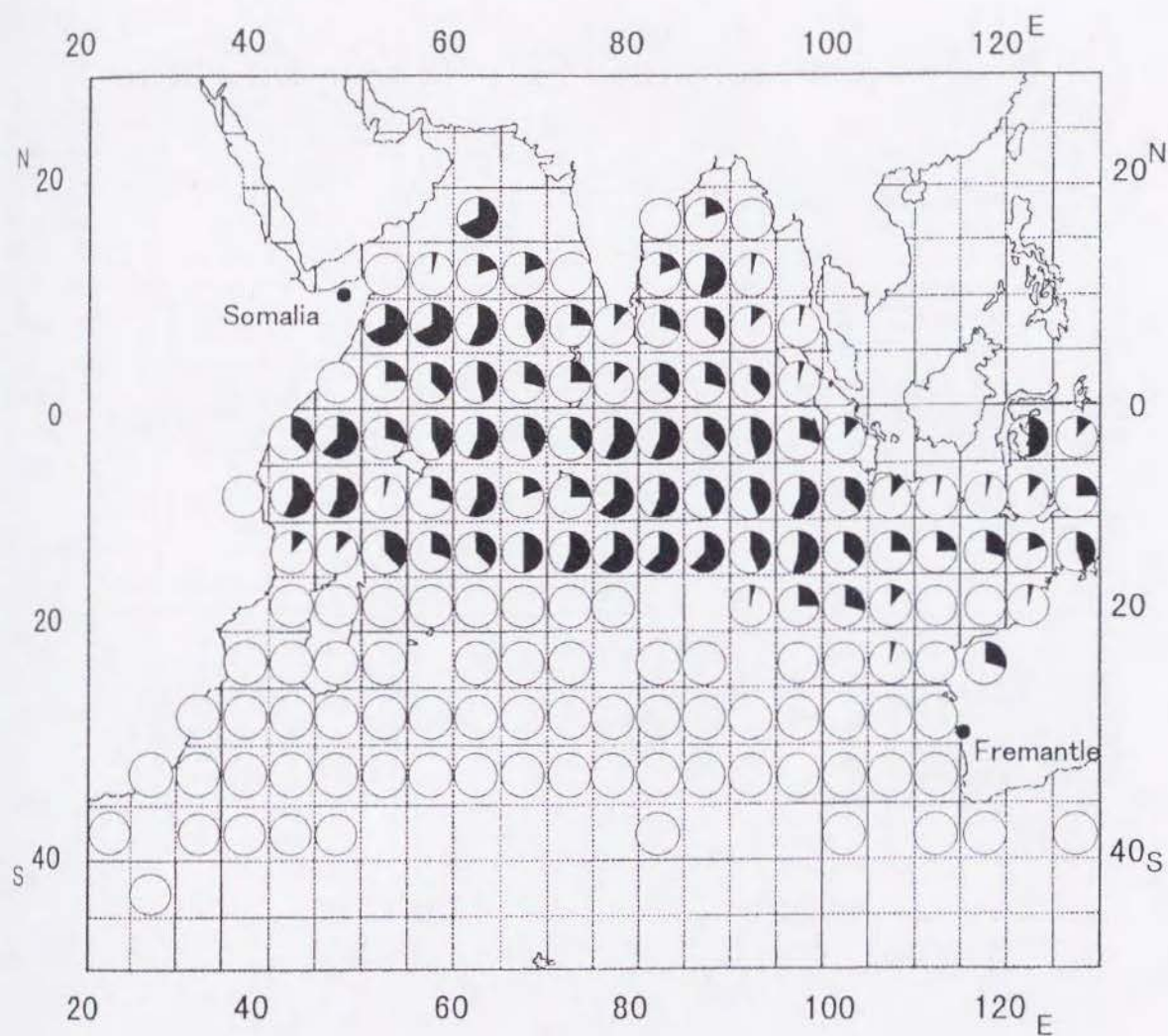


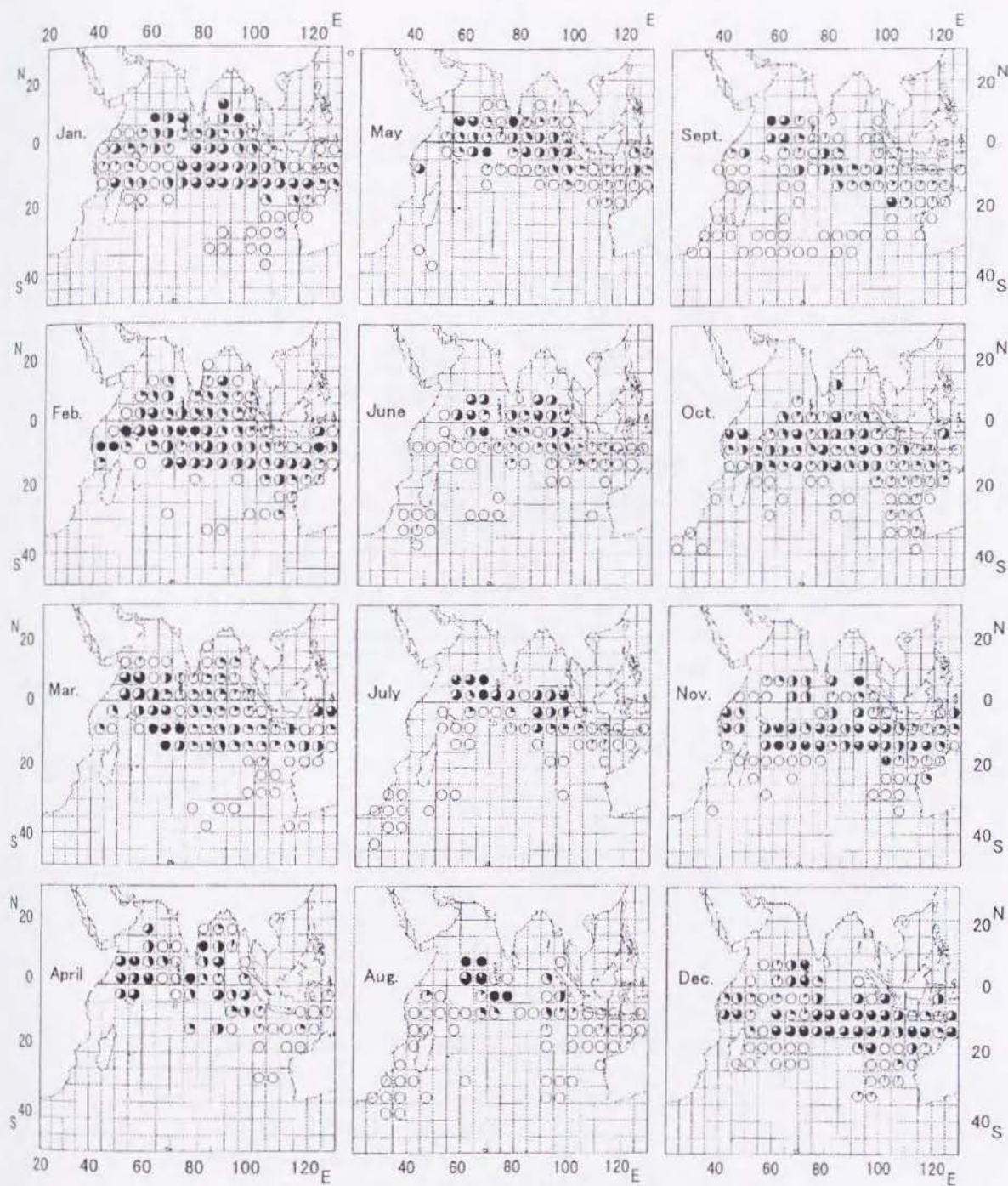
Fig.5-1: Average size frequency distribution of bigeye tuna in the Indian Ocean.



●:G.I.  $\geq 3.1$       ○:G.I.  $< 3.1$

Fig.5-2: Geographical distribution of maturity composition on bigeye tuna based on Gonad Index  $\geq 3.1$  from 1952 to 1987 (without considering seasonal changes).





●:G.I.  $\geq 3.1$       ○:G.I.  $< 3.1$

Fig.5-3: Geographical distribution of monthly maturity composition of bigeye tuna based on Gonad Index  $\geq 3.1$  from 1952 to 1987.

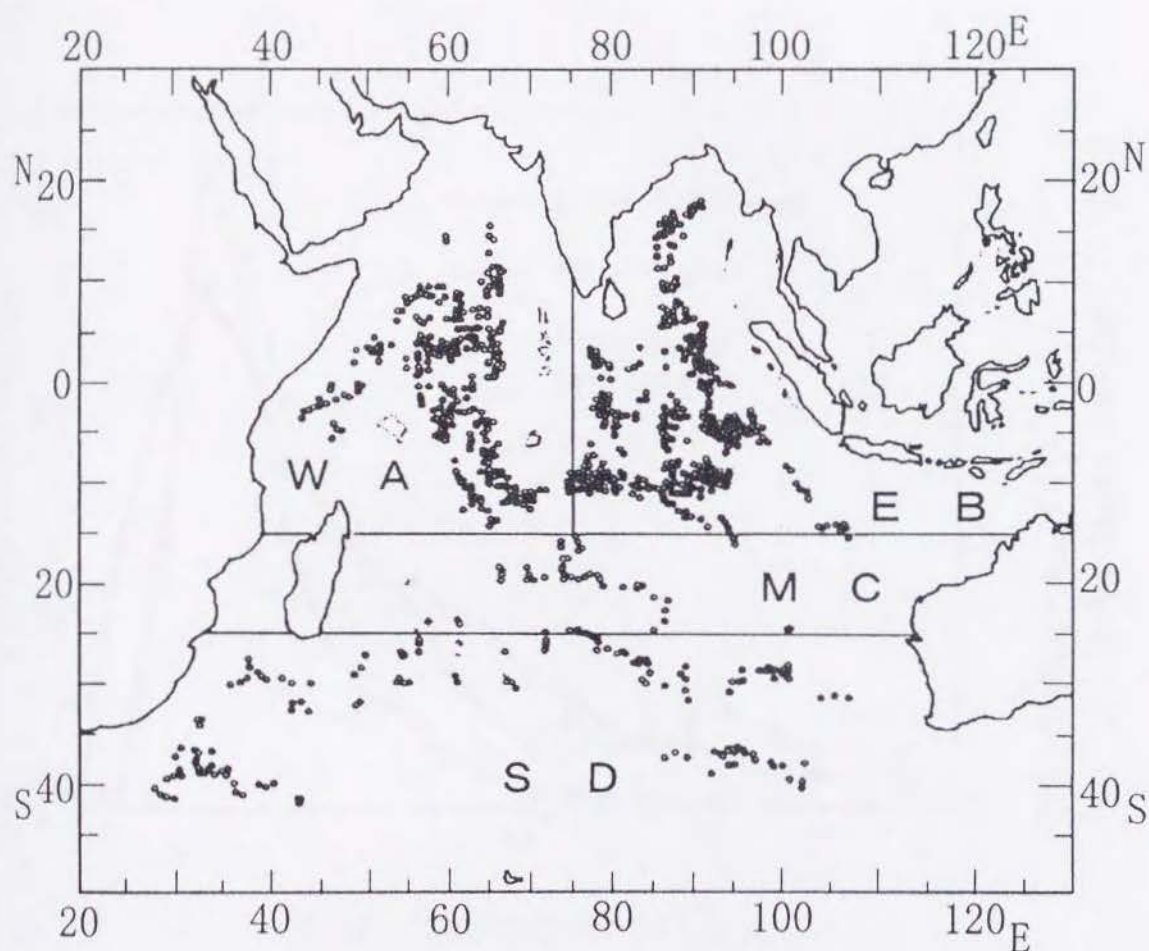


Fig.5-4: Observatory stations collected data of the bigeye tuna catch rate (catch/1,000 hooks) as seen from deep type tuna longline gear.

WA; Western Tropical Area A  
 EB; Eastern Tropical Area B  
 MC; Mid-latitude Area C  
 SD; Southern Higher Latitude Area D.



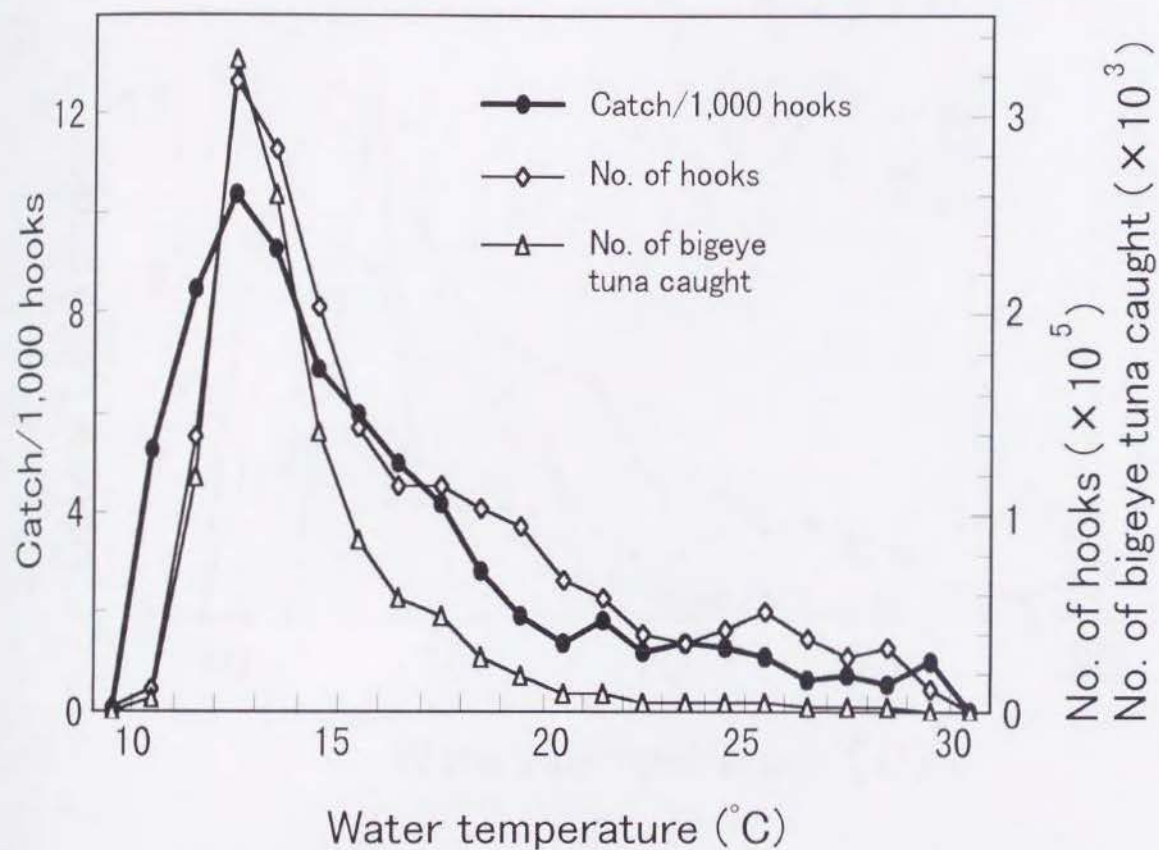


Fig.5-5: Relation between water temperatures ( $^{\circ}$  C) and catch rate (catch/1,000 hooks), the number of bigeye tuna caught ( $N=11,387$ ) and the number of hooks ( $N=2,298,918$ ) at the catch depth.

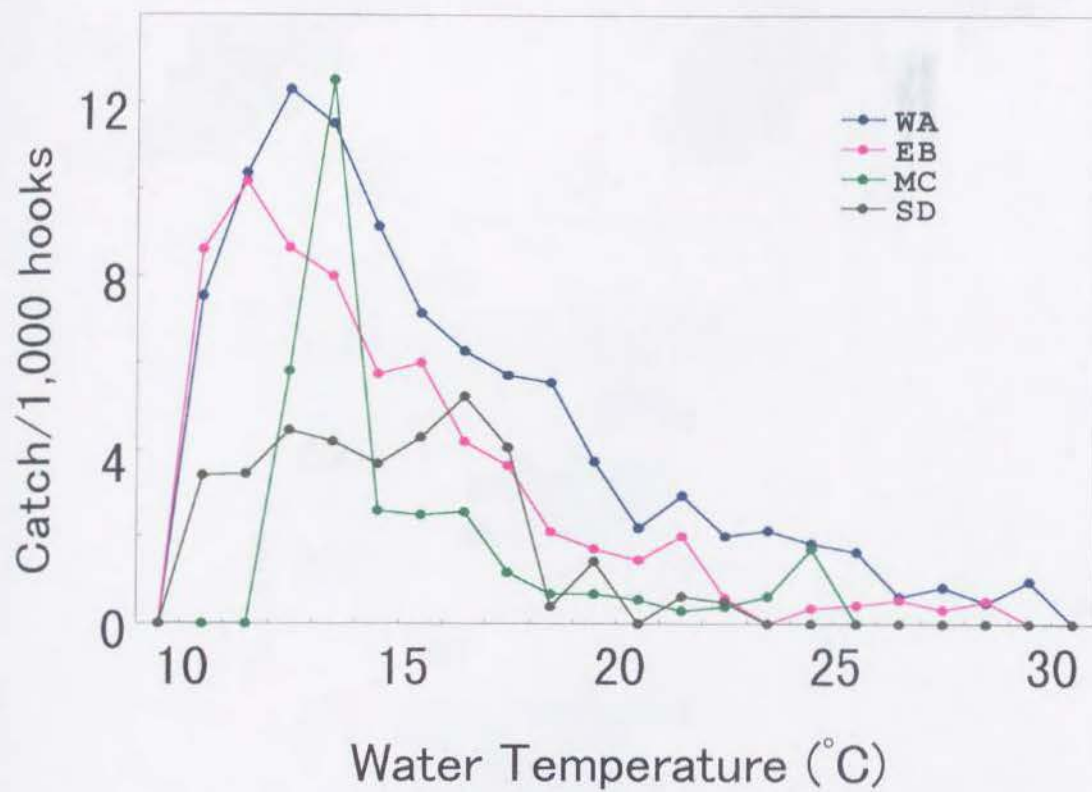


Fig.5-6: Relation between catch rate (catch/1,000 hooks) and water temperature (°C) at the catch depth.

WA ; Western Tropical Area A

E B ; Eastern Tropical Area B

MC ; Mid-latitude Area C

S D ; Southern Higher Latitude Area D



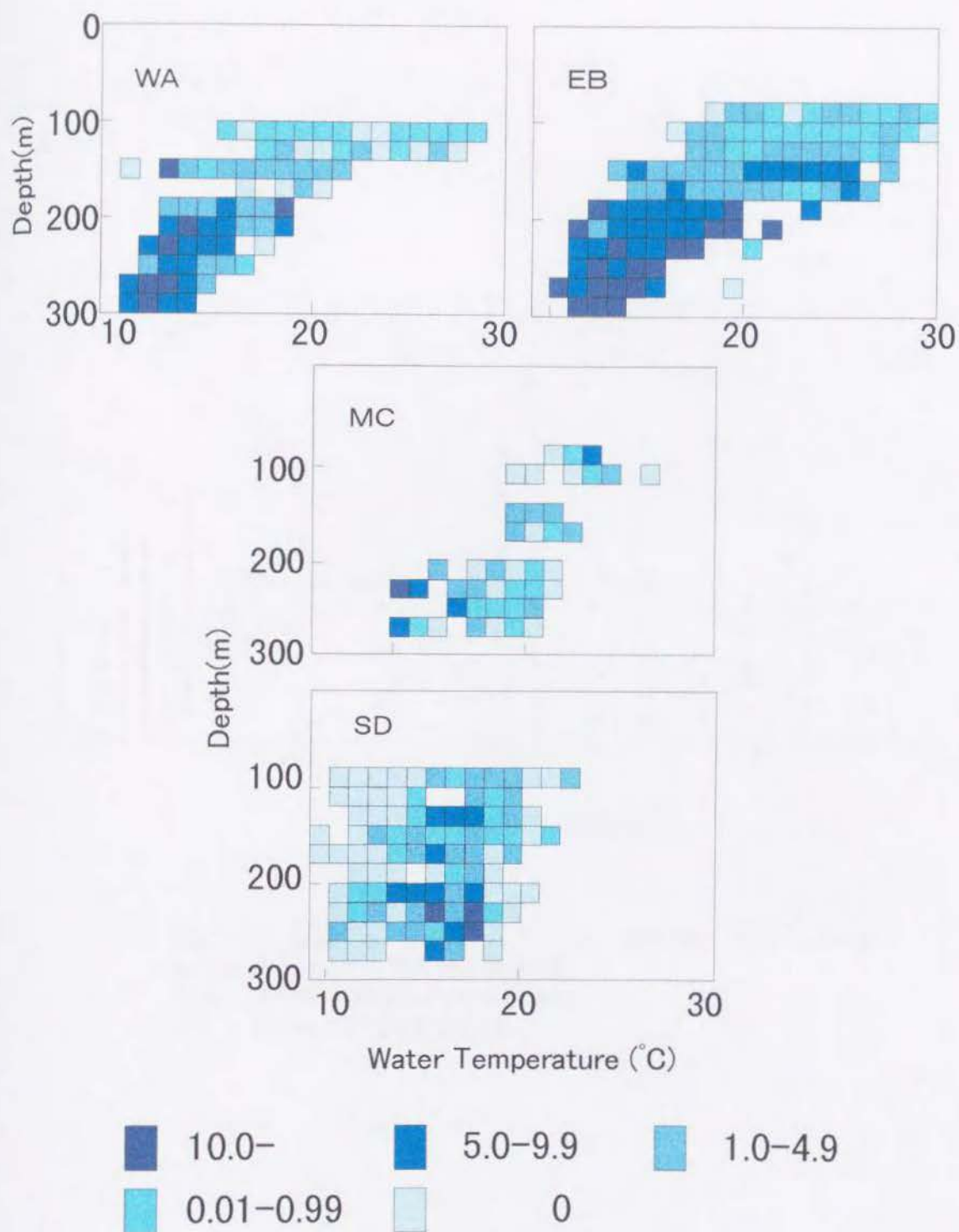


Fig.5-7: Catch rate (catch/1,000 hooks) versus water temperature and depth.  
 WA ; Western Tropical Area A  
 E B ; Eastern Tropical Area B  
 MC ; Mid-latitude Area C  
 S D ; Southern Higher Latitude Area D

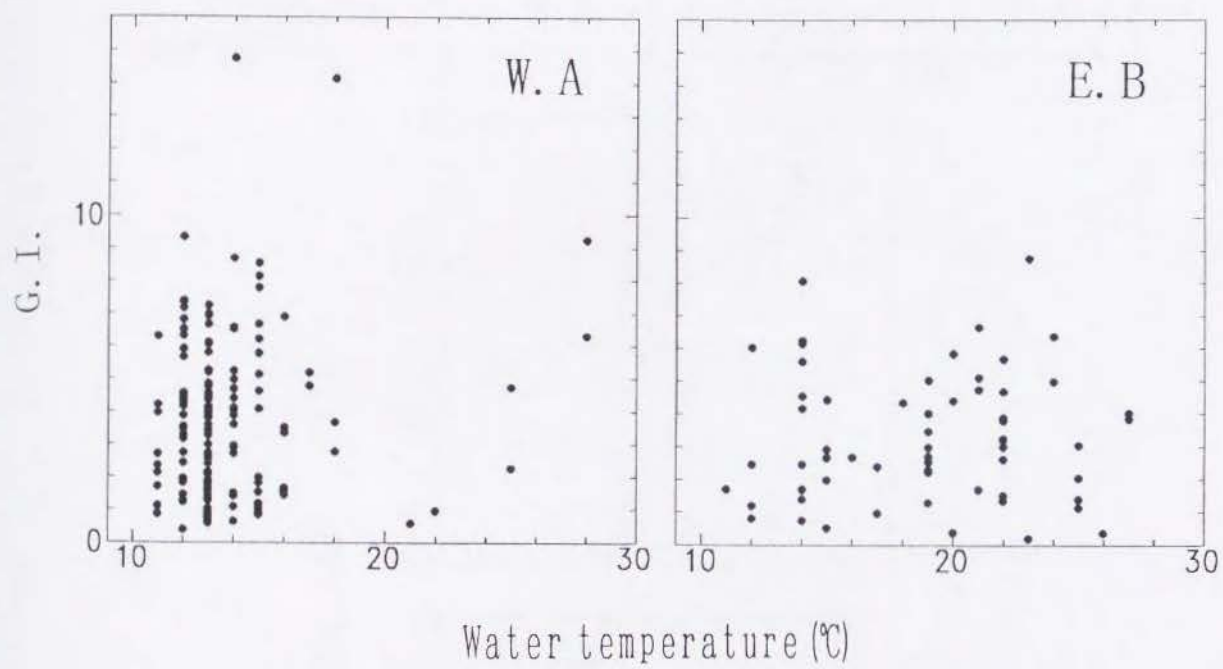


Fig.5-8: Relation between sexual maturity and water temperature in area WA and area EB.  
 WA; Western Tropical Area A, and  
 EB; Eastern Tropical Area B.



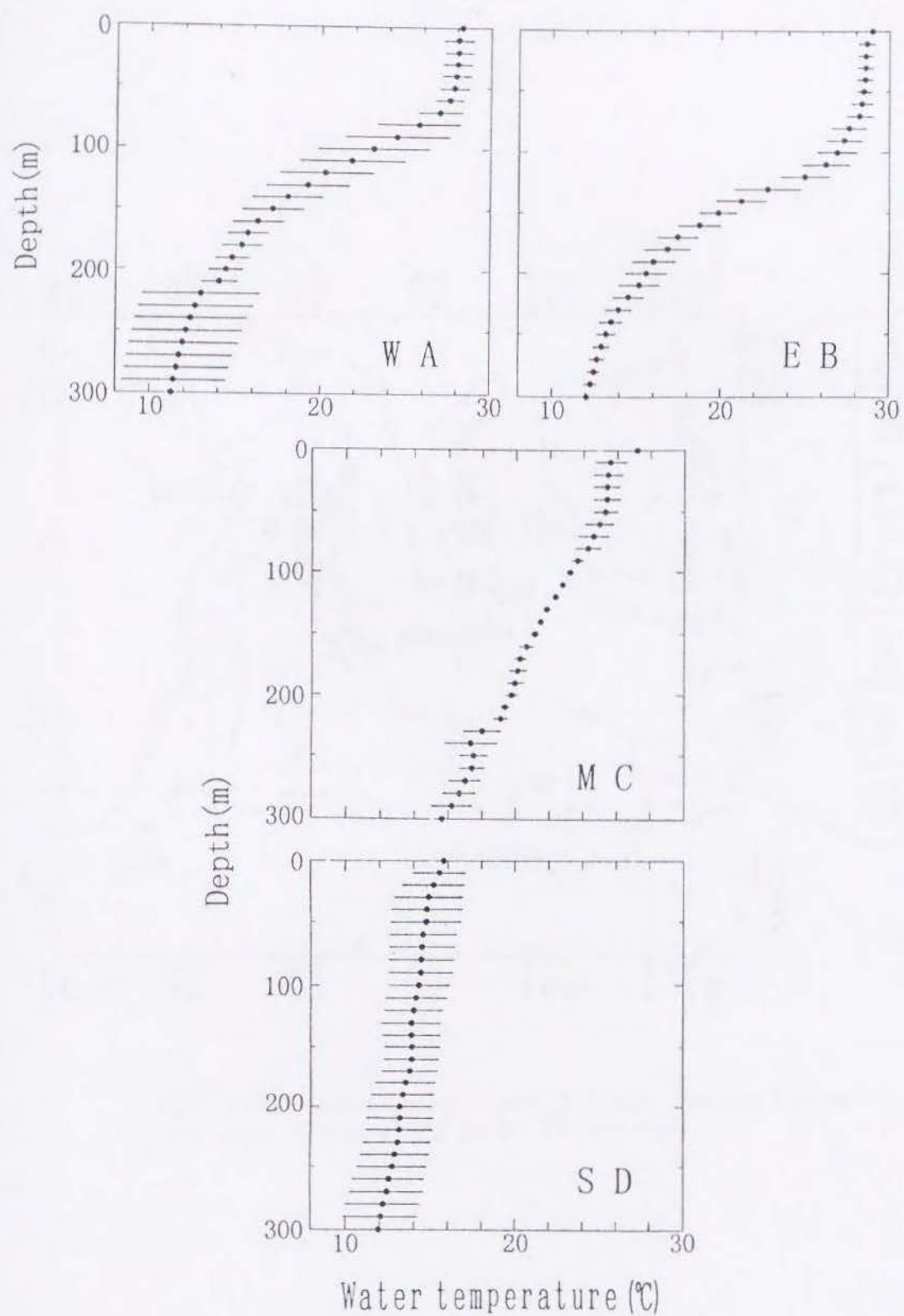


Fig.5-9: Vertical profiles of water temperature.

●; average

—; standard deviation.

WA; Western Tropical Area A

EB; Eastern Tropical Area B

MC; Mid-latitude Area C

SD; Southern Higher Latitude Area D.

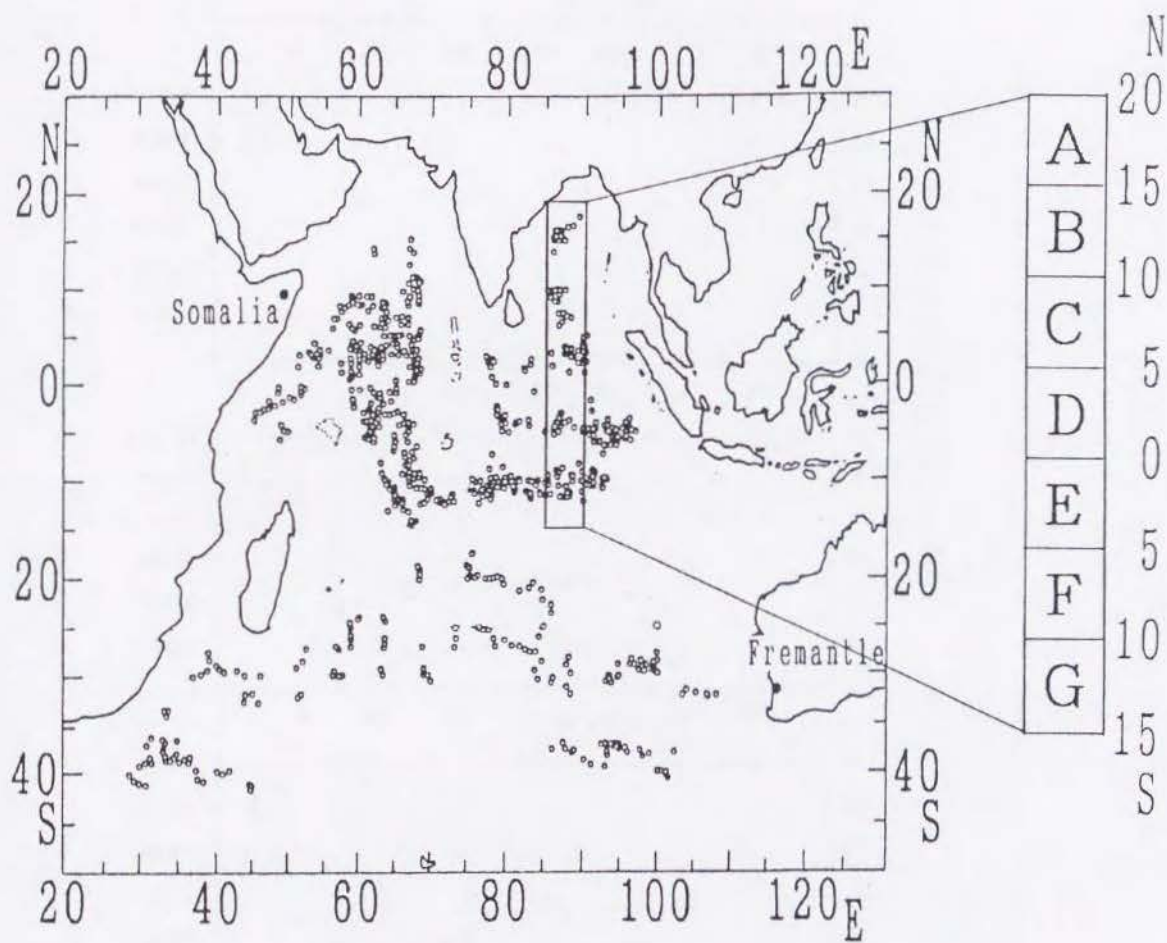


Fig.5-10: Selected seven subareas (A-G) for obtaining bigeye tuna catch rate (catch/1,000 hooks), by hook depth.



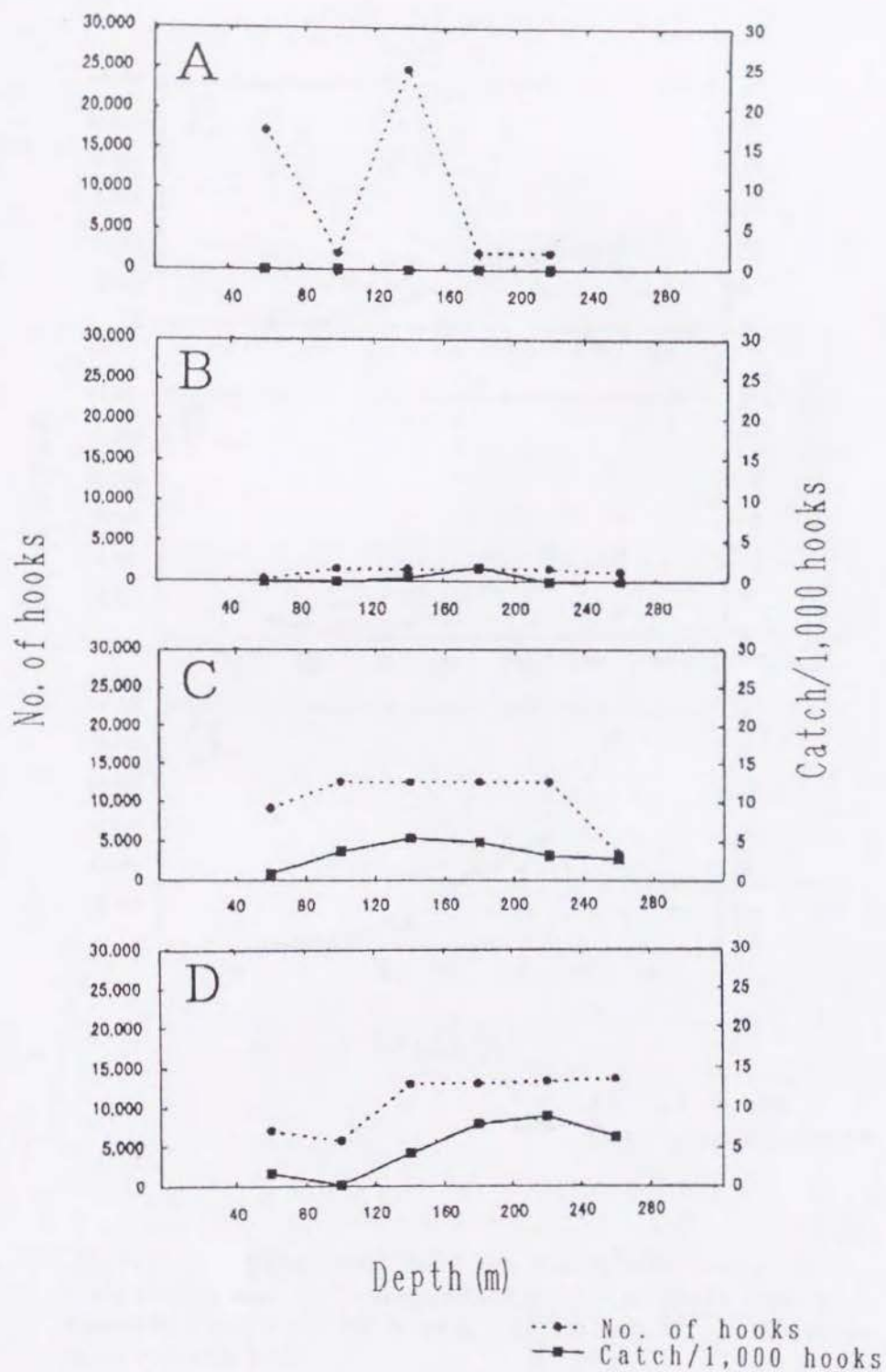


Fig.5-11a: Bigeye tuna catch rate (catch/1,000 hooks), by hook depths, and the fishing effort (number of hooks fished), shown by 5 degrees of lat.  $\times$  long. between long. 85° and 90° E in the subareas A-D.

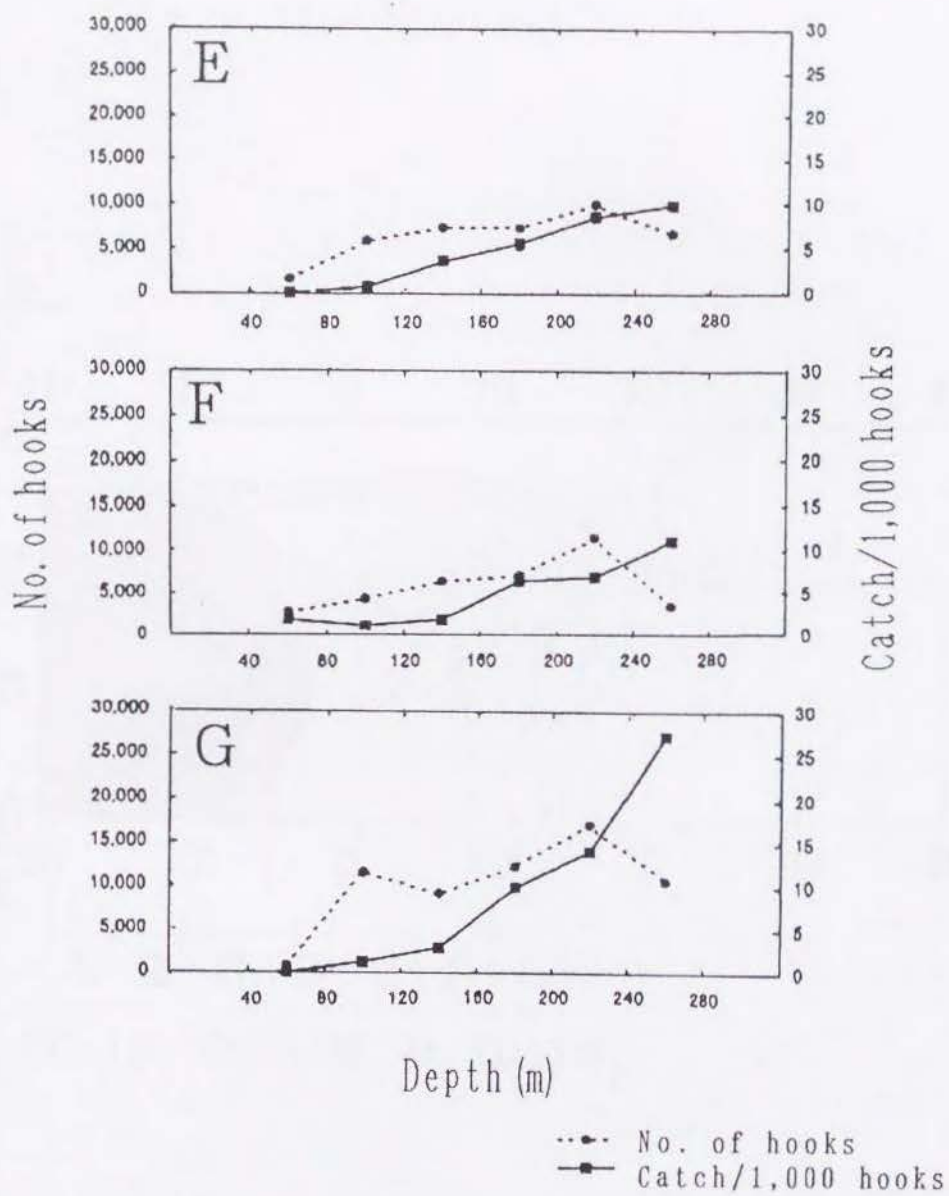


Fig.5-11b: Bigeye tuna catch rate (catch/1,000 hooks), by hook depths, and the fishing effort (number of hooks fished), shown by 5 degrees of lat.  $\times$  long. between long.  $85^{\circ}$  and  $90^{\circ}$  E in the subareas E-G.



Line b, b'

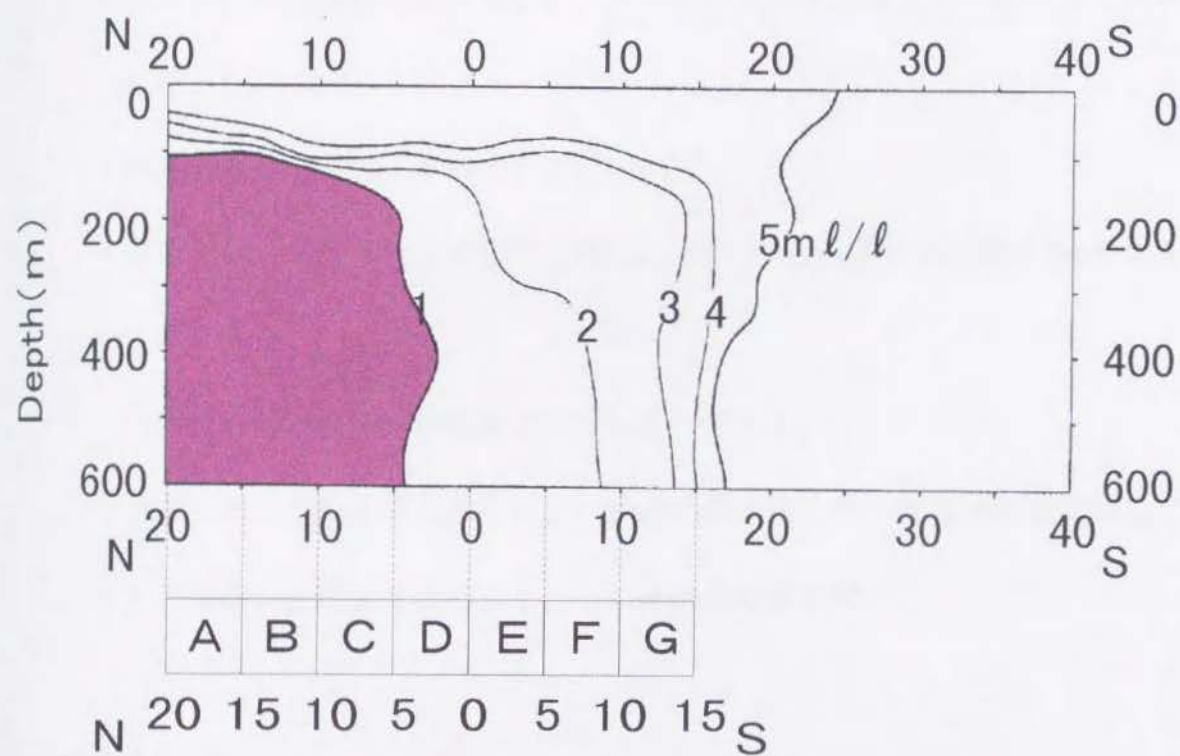


Fig.5-12: The vertical profile of dissolved oxygen content (ml/l) along 90° E, north of 30° S, and along 104° E, for the south of 30° S, in the Indian Ocean.

## 第6章 釣獲に対する適水温と溶存酸素量の海域別分布

### 第1節 釣獲適水温と釣獲に対する最小溶存酸素量の分布状態

前章において得られた結果から、インド洋のメバチに対して、次のことが明らかになった。

- ・釣獲適水温が  $10 \sim 16^{\circ}\text{C}$  である。
- ・成熟個体の釣獲される海域の条件は、水面下 50 m までの水温が  $26^{\circ}\text{C}$  以上である。
- ・釣獲に対する最小溶存酸素量は  $1 \text{ ml/l}$  である。

そこで、インド洋全域におけるメバチの釣獲水温と最小溶存酸素量に対して深度との関係を鉛直面で求め、これらの要因の特徴を調べた。

### 第2節 方法

メバチの釣獲水温と深度の関係についての水温鉛直プロファイルを描くために、インド洋における各観測点において、比例配分により基準深度 0、10、20、30、50、75、100、125、150、175、200、250、300、400、500、600、700、800 及び 1000 m の水温を求めた。

次に、全ての年月に対してデータを緯度、経度  $1^{\circ}$  区画にふりわけ、基準深度毎に水温を集計して平均し、これを緯度、経度  $1^{\circ}$  区画の平均水温とした。



釣獲に対する最小溶存酸素量に対応する深度は、全章と同様の方法により求めた。

### 第3節 結果及び考察

#### 1) メバチの釣獲適水温の分布

平均水温を示した  $1^{\circ}$  区画の位置は Fig.6-1 の通りである。前章で述べたように、インド洋におけるメバチの釣獲適水温は  $10 \sim 16^{\circ}\text{C}$  であった。一般に、水深とともに水温が下がることから、同種が水温  $16^{\circ}\text{C}$  の深さから水温  $10^{\circ}\text{C}$  の深さまでに分布することが推察される。そこで、インド洋全域における釣獲適水温の深度範囲を明らかにするため、適水温の上限  $16^{\circ}\text{C}$  の深度を Fig.6-2、下限の  $10^{\circ}\text{C}$  については Fig.6-3 に示した。

上限の  $16^{\circ}\text{C}$  に対応する深度は赤道海域では  $150\text{ m}$  であり、南北へ離れるほど増大した。たとえば、アラビア海では水深  $200 \sim 250\text{ m}$ 、緯度  $20^{\circ}\text{ S}$  の東南海域では約  $300\text{ m}$  が対応した。しかし、緯度  $30^{\circ}\text{ S}$  と緯度  $40^{\circ}\text{ S}$  ではそれぞれ  $100 \sim 150\text{ m}$  と表層へ移行した ( Fig.6-2 )。

Fig.6-3 によると釣獲適水温の下限  $10^{\circ}\text{C}$  に対応する深度では赤道海域で  $400\text{ m}$  であり、南北へ離れる程上限  $16^{\circ}\text{C}$  の場合と同様に増加した。たとえば、緯度  $30^{\circ}\text{ S}$  の西部海域では最大水深  $700\text{ m}$  であるが、緯度  $40^{\circ}\text{ S}$  では  $100 \sim 200\text{ m}$  に減少した。

釣獲適水温の上限  $16^{\circ}\text{C}$  に対応する深度は、インド洋では赤道から南北へ離れるほど増加するのに対し、太平洋の場合は東西への変化が顕著で、たとえば赤道海域では西側で深く東側で浅くなる相違を示した。

この水温  $16^{\circ}\text{C}$  の深度がインド洋と太平洋とで異なる原因として、太平洋では東部のペルー沖で湧昇流が生じ、この湧昇流を源として水温  $16^{\circ}\text{C}$  の水が浅い層にまで持ち上げられることに対して、インド洋では東部において太平洋ほど顕著な湧昇流が無いため、水温  $16^{\circ}\text{C}$  が浅い層に持ち上げられないことによるものと推察できる。

## 2) 成熟メバチの分布と水温構造の特徴

本研究で得られた結果から、インド洋のメバチについて熱帯海域の個体は成熟、南緯高緯度海域の個体は未成熟であった (Fig.5-2)。そして、この成熟個体が分布する海域とメバチの卵・稚魚が分布する海域 (上柳, 1969) とはほぼ一致しているため、間接的に卵・稚魚の分布からメバチの成熟個体の分布を知ることができるはずであると本研究では仮定した。

前章の Fig.5-9 で示したように、成熟個体が分布する海域においては、水面下 50 m までの水温が  $26^{\circ}\text{C}$  以上であった。この水温範囲の海域を明確にするため、Fig.6-4 で水温が  $26^{\circ}\text{C}$  以上の範囲を示した。

この図によると、水温が  $26^{\circ}\text{C}$  以上の範囲は赤道を中心とする熱帯海域で、南北緯度  $15^{\circ}\text{N} \sim 20^{\circ}\text{S}$  にあった。東西方向には南緯海域において西部で緯



度  $15^{\circ}\text{S}$ 、東部で緯度  $20^{\circ}\text{S}$  と東に向かうほど南に片寄る傾向を示し、全体的には海域による相違は顕著でなかった。この結果は、赤道付近の熱帯海域において西ほど高温であり、東ほど低温であるという太平洋に関する報告 (Tchernia, 1980) とは、異なった傾向を示した。

水野・渡邊(1993)によるインド洋の水温に対するプロファイルから、釣獲水温  $10 \sim 16^{\circ}\text{C}$  に対応する深度の季節変化は微小であり、これに対して水温  $26^{\circ}\text{C}$  に対応する深度は季節により変化が大きいことが確認された。

そこで、水温  $26^{\circ}\text{C}$  以上の範囲について、季節変化を詳細に把握するため、Fig.6-5 に水温  $26^{\circ}\text{C}$  以上の範囲を月別に示した。この図によると、水温  $26^{\circ}\text{C}$  以上の範囲はソマリア沖の海域で特に顕著なように、南西季節風が強まる時期を中心に6月から9月に最も狭まり、北東季節風が強まる（北半球の冬を中心とした）時期には最も広がっていた。

### 3) メバチの釣獲に対する最小溶存酸素量の分布

溶存酸素量  $1\text{ ml/l}$  に対応する深度分布図と資料から得られた位置を点で示したのが Fig.6-6 である。図から、インド洋における溶存酸素量  $1\text{ ml/l}$  に対応する深度は、ベンガル湾やアラビア海のソマリア半島先端からスマトラ島北部を結ぶ緯度  $0^{\circ} \sim 10^{\circ}\text{N}$  付近を東西にわたる海域以北で浅く、そのうち最も浅い地点で  $100 \sim 150\text{ m}$  であった。

そして、溶存酸素量  $1\text{ ml/l}$  に対応する深度はこのソマリア半島先端から

スマトラ島を結ぶ線の南で水深 500 m と急激に深くなっていた。さらに南へ向かうにしたがって赤道付近では 800 m、赤道以南では 800 m 以深に達していた。

さらに、溶存酸素量  $1 \text{ ml/l}$  に対応する深度分布を示した Fig.6-6 より、ベンガル湾の湾奥とアラビア海の湾奥は、対応する深度が特に浅く 100 m 以浅の海域であることが分かる。

#### 4) 鉛直プロファイルからみた水温分布の特徴

水温鉛直プロファイルの位置を Fig.6-1 に示す。プロファイルは南北方向で、西部の緯度  $25^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{ S}$ ・等経度  $65^{\circ} \text{ E}$  の line a、東部の緯度  $20^{\circ} \text{ N} \sim 5^{\circ} \text{ S}$ ・等経度  $90^{\circ} \text{ E}$  の line b 及び緯度  $5^{\circ} \text{ S} \sim 40^{\circ} \text{ S}$ ・等経度  $104^{\circ} \text{ E}$  の line b'、東西方向で熱帯の等緯度  $5^{\circ} \text{ N}$  の line c、中緯度の等緯度  $20^{\circ} \text{ S}$  の line d 及び南緯高緯度の等緯度  $30^{\circ} \text{ S}$  の line e について緯度・経度  $1^{\circ}$  区画毎の平均水温( $^{\circ}\text{C}$ )の鉛直プロファイルを示したのが Fig.6-7 ~ Fig.6-11 である。

また、Fig.6-7 ~ Fig.6-11 の上部に記した記号 a ~ e は Fig.6-1 におけるプロファイルの位置を表す。

釣獲適水温の上限である  $16^{\circ}\text{C}$  に対応する深度の南北方向の変化は次のようであった。

**line a** : 西部では Fig.6-7 に示すように、 $16^{\circ}\text{C}$  の水深は緯度  $24^{\circ} \text{ N}$  の 300



mから南下するに従い徐々に浅くなり、緯度  $15^{\circ}$  N の 250 m を経て緯度  $6^{\circ}$  S で約 100 m と最も浅くなっている。その後、南下するに従い深くなり、緯度  $22^{\circ}$  S 付近で最深の約 340 m になった後、上昇し、緯度  $38^{\circ}$  S 付近で海面に出現していた。

このうち、熱帯海域を中心として、緯度  $15^{\circ}$  N  $\sim$   $15^{\circ}$  S において上限の  $16^{\circ}\text{C}$  の水深は緯度  $6^{\circ}$  S 付近の約 100 m であり、緯度  $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$  N、緯度  $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$  S の 150  $\sim$  250 m を除くと、全体的には緯度  $10^{\circ}$  N  $\sim$   $10^{\circ}$  S のように 150 m 前後にある。

さらに南の中緯度海域に属する緯度  $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$  S の海域において、 $16^{\circ}\text{C}$  の水深は概略 250 m 以深にある。

**line b 及び line b' :** 東部では Fig.6-8 に示すように、 $16^{\circ}\text{C}$  に対応する水深は緯度  $20^{\circ}$  N の 180 m から南下するに従い若干浅くなり、緯度  $7^{\circ}$  S で約 140 m と最も浅くなった。その後、南下するに従い深くなり、緯度  $20^{\circ}$  S 付近で最も深く約 300 m になった後、上昇し緯度  $37^{\circ}$  S 付近で海面に出現している。

このうち、熱帯海域を中心として、緯度  $20^{\circ}$  N  $\sim$   $15^{\circ}$  S における上限  $16^{\circ}\text{C}$  の水深は緯度  $20^{\circ}$  N 付近の約 180 m、緯度  $10^{\circ}$  S 以南の 160  $\sim$  200 m の海域を除くと、全体的には緯度  $10^{\circ}$  N  $\sim$   $10^{\circ}$  S のように、150 m 前後にある。

さらに南の中緯度海域を中心として、緯度  $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$  S の海域においては概略 250 m 以深にある。

**line c :** 等緯度  $5^{\circ}$  N の東西方向の変化を示したのが Fig.6-9 である。上限

16℃の水深は経度 50° E から経度 85° E までは 140 ~ 170 m の 150 m 前後から東へ向かうにしたがって浅くなる傾向を示し、90° E の 130 m を経た後徐々に深くなり、経度 100° E 付近では 200 m の水深に達する。さらに、経度 100° E 付近の 200 m 深の海域を除くと、全体的には 150 m 前後にあった。

また、成熟個体が分布するのに望まれる水温 26℃以上は、経度 50° ~ 55° E 付近の 40 ~ 50 m を除くと、全体的には 70 ~ 100 m にあった。

**line d :** 等緯度 20° S の東西方向の変化を示したのが Fig.6-10 である。釣獲適水温の上限 16℃に対応する水深は、経度 50° E から 85° E までは 300 m から東へ向かうにしたがって浅くなる傾向を示し、経度 115° E 付近では 250 m と浅くなる。

このプロファイルにおいて、成熟個体の分布するのに望まれる水温 26℃の層が 50 m 以上にまで達する地点は無かった。

**line e :** 等緯度 30° S の東西方向の変化は、Fig.6-11 に示されるように釣獲適水温の上限 16℃に対応する深さは西部では 280 m、東に向かうにしたがって浅くなり、経度 58° E で 40 m に達した。さらに東に向かうと深くなり、経度 73° E で 100 m に達した後再び浅くなり、経度 83° E で最浅の 20 m になった。以後、東に向かうにしたがって深くなる傾向を示し、105° E 付近の 50 m を除いて 100 m 付近に達していた。

成熟個体が分布するのに望まれる 26℃以上の水温の層は、このプロファイルにおいて無かった。



水温と溶存酸素量に対して、延縄の釣針はほぼ一定の位置に敷設された。たとえば、現在の当業船では深延縄により深度 100 ～ 300 m の範囲に釣針を設置した。

このため、延縄の釣針敷設水深に対して、その水温及び溶存酸素量が、釣獲適水温及び釣獲に対する最小溶存酸素量の適正範囲に属していたか否かが、時空間的分布の特徴を示すものと推察できる。

成熟個体の分布する水温については、海域毎に表層～ 50 m 層における水温が 26 °C に達していたか否かが、成熟及び未成熟個体による分布の特徴を表したものと考察できる ( Fig. 5-2 及び Fig. 5-3 )。

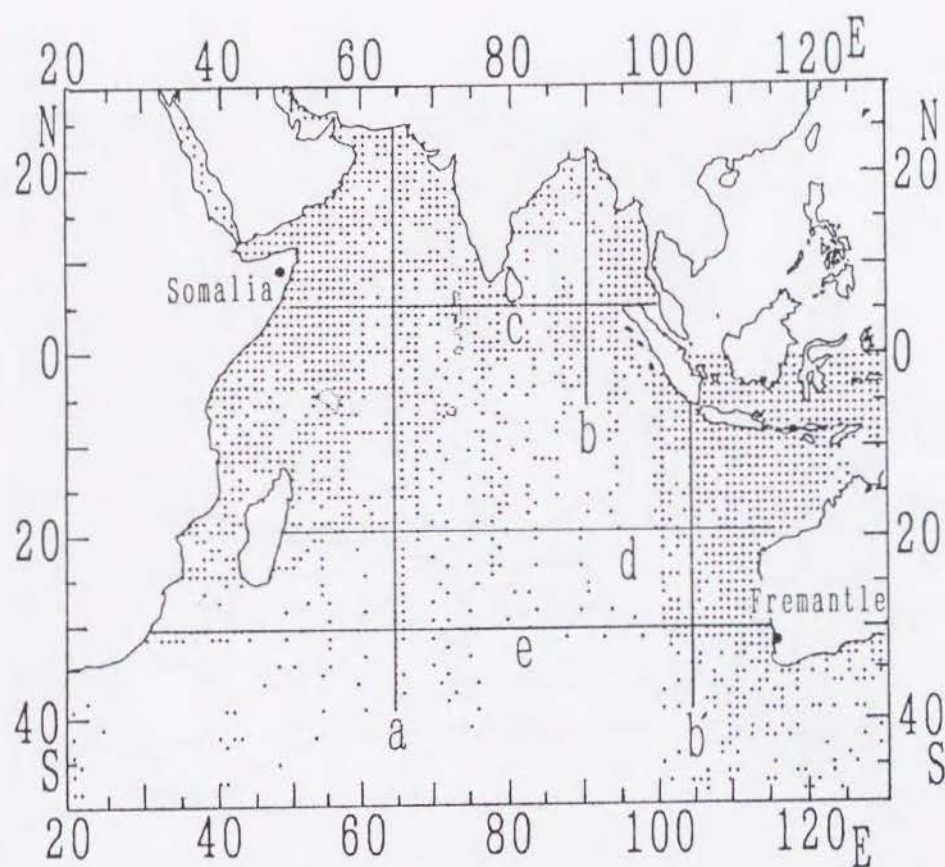


Fig.6-1: Oceanographic observation stations for the vertical profiles of water temperature for Fig.6-7 ~ Fig.6-11.  
The dots show each position where oceanographic data were obtained by each degree of lat.  $\times$  long.



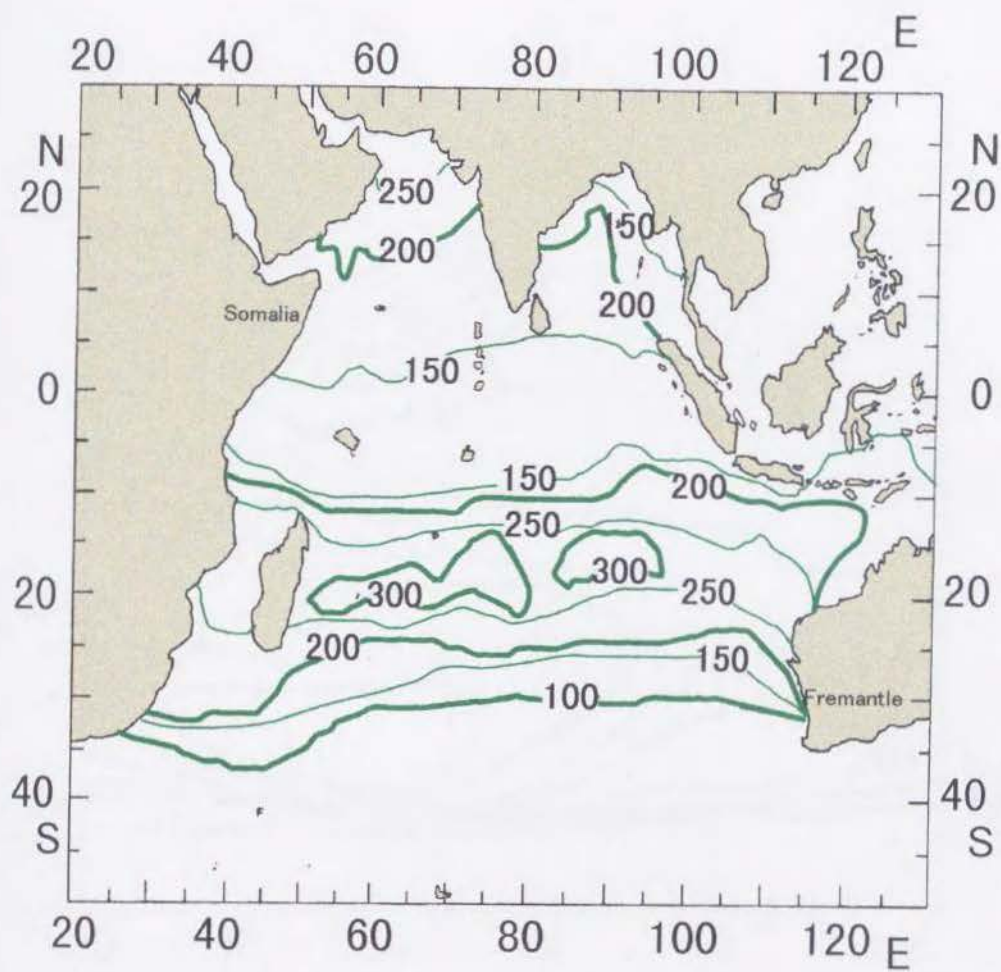


Fig.6-2: Isothermal depth of 16° C.

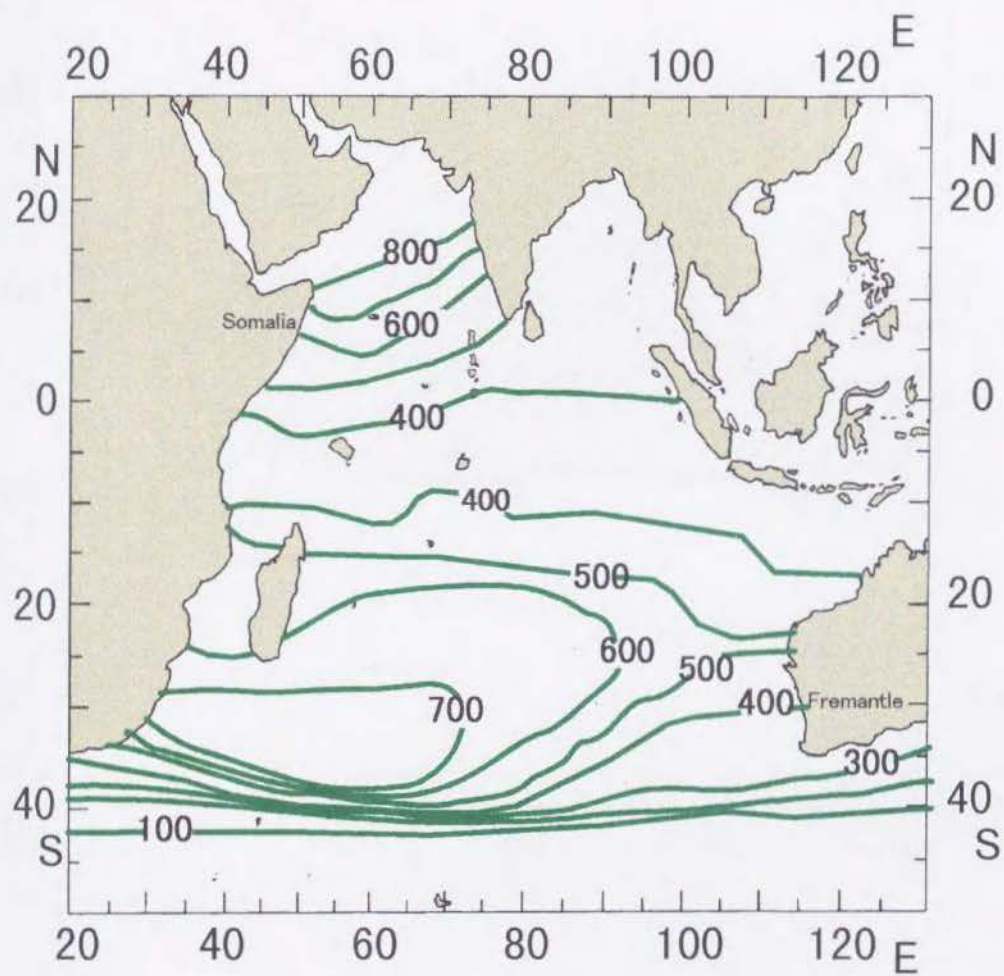


Fig.6-3: Isothermal depth of 10° C.



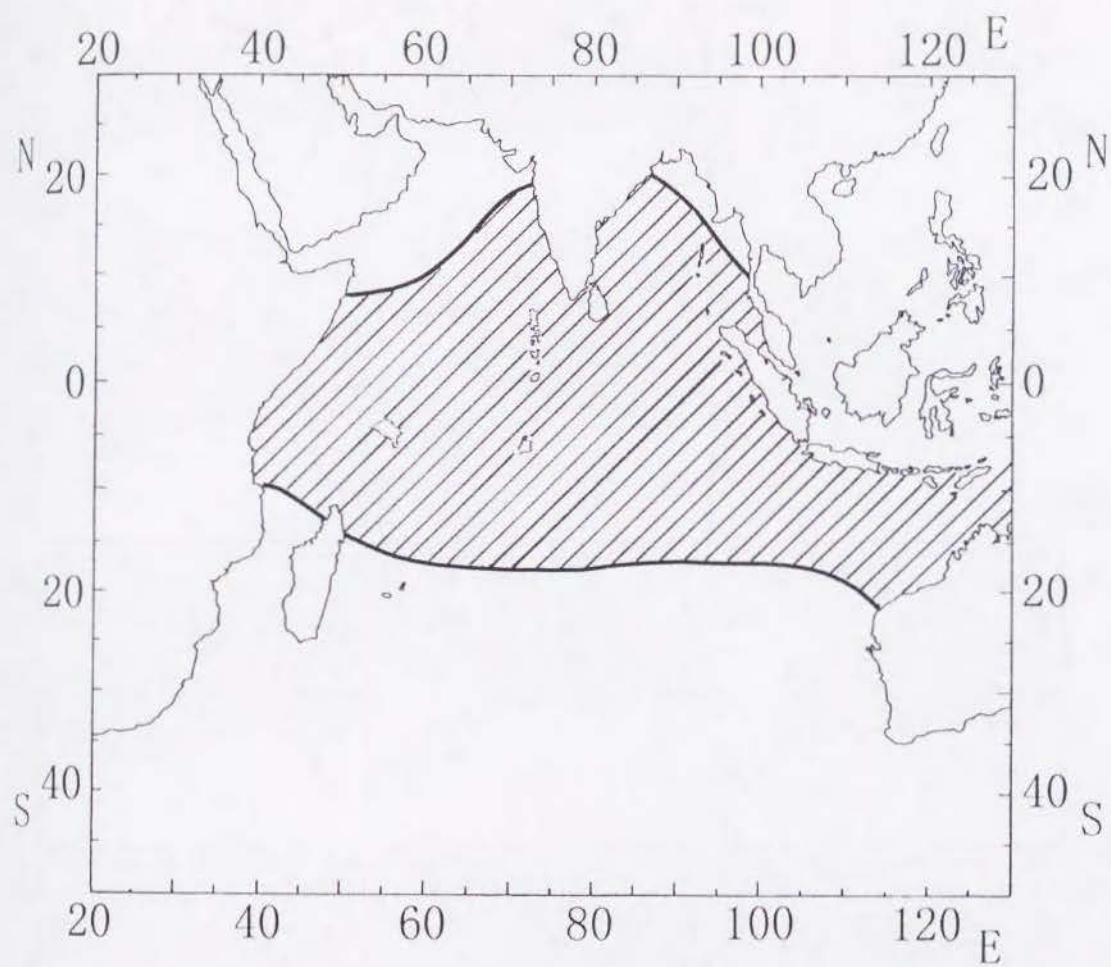


Fig.6-4: Range in water temperature exceeding 26° C at 0 ~ 50m depth.

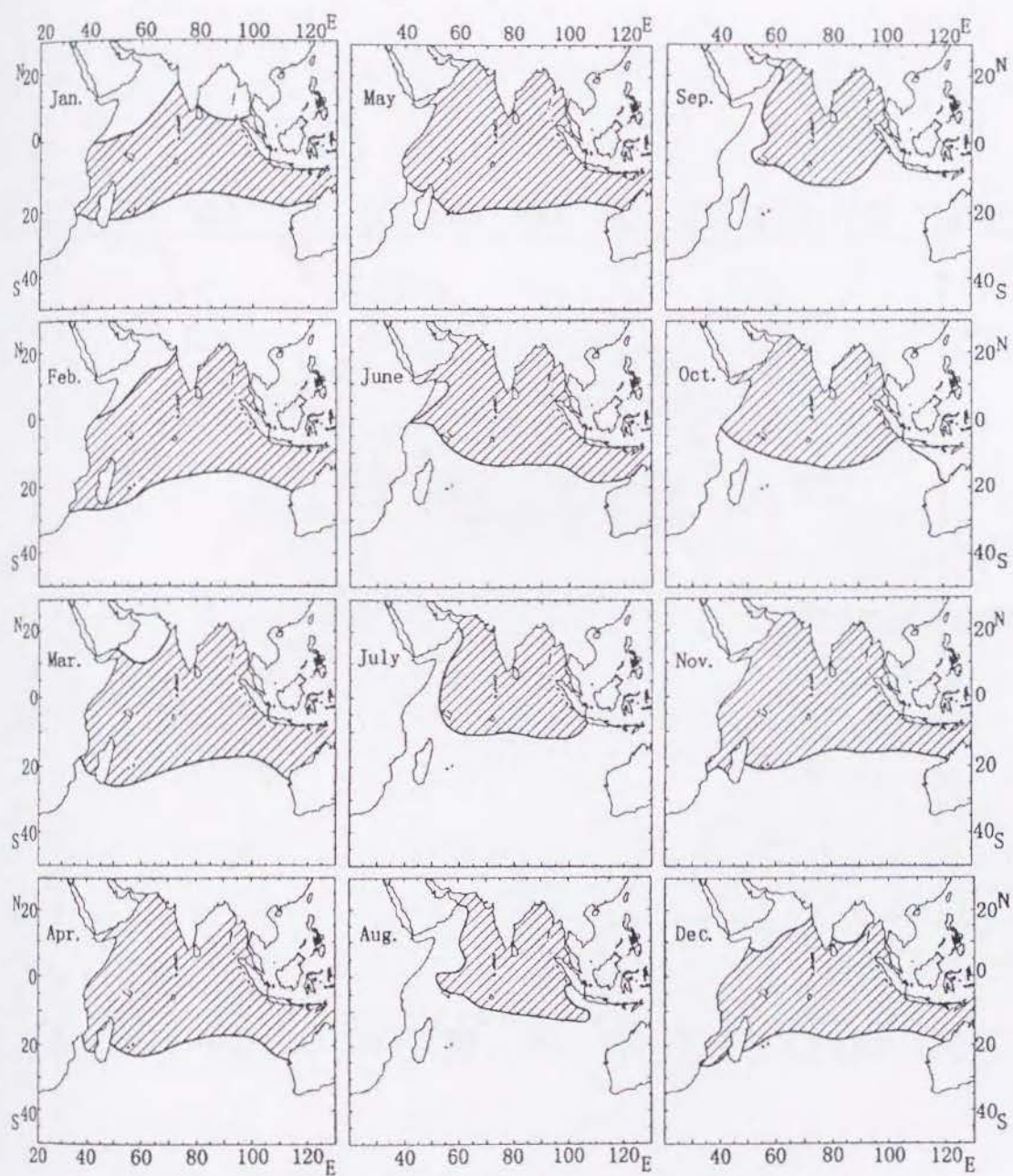


Fig.6-5: Range of monthly water temperature exceeding 26° C at 0~50m depth.



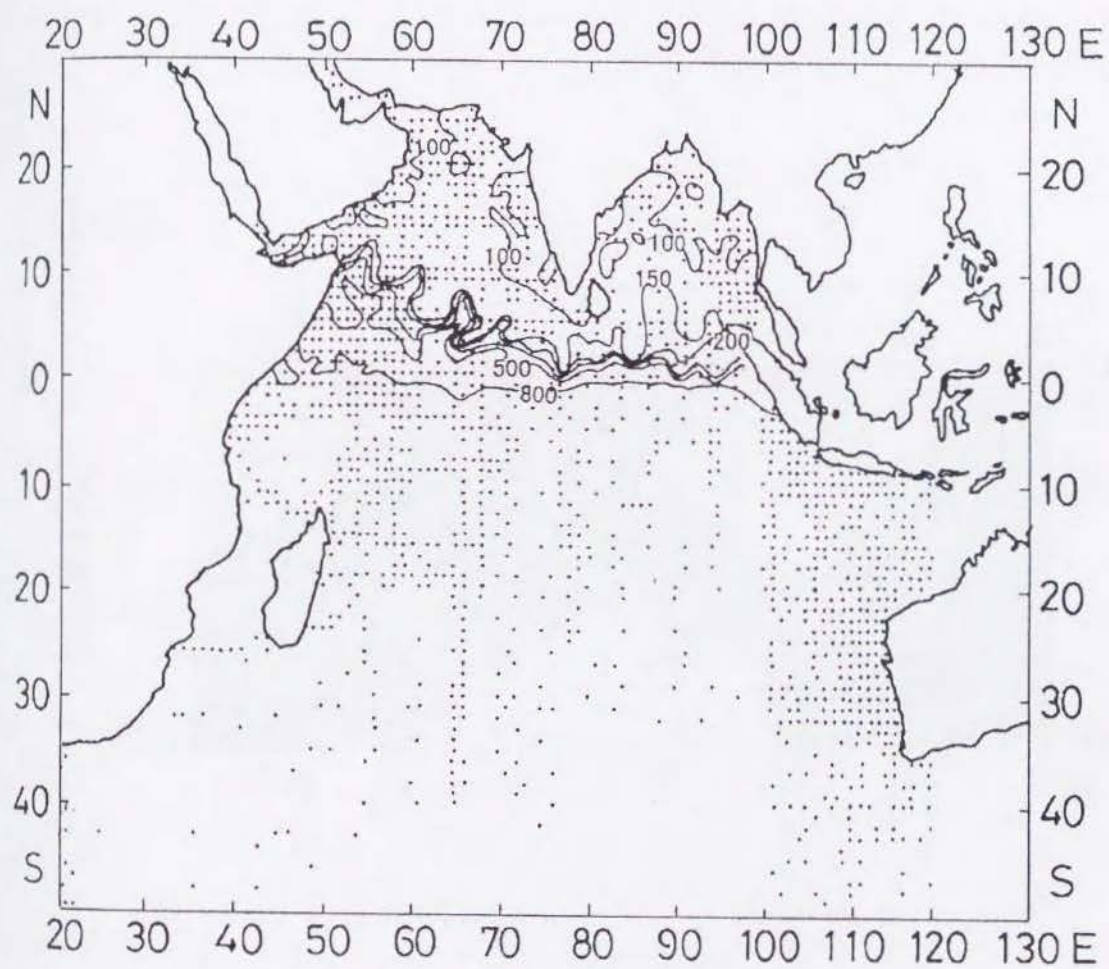


Fig.6-6: Depths of the 1ml/l dissolved oxygen content (depth in m). Dots show the oceanographic observation data obtained for each degree of lat. × long.

Line a

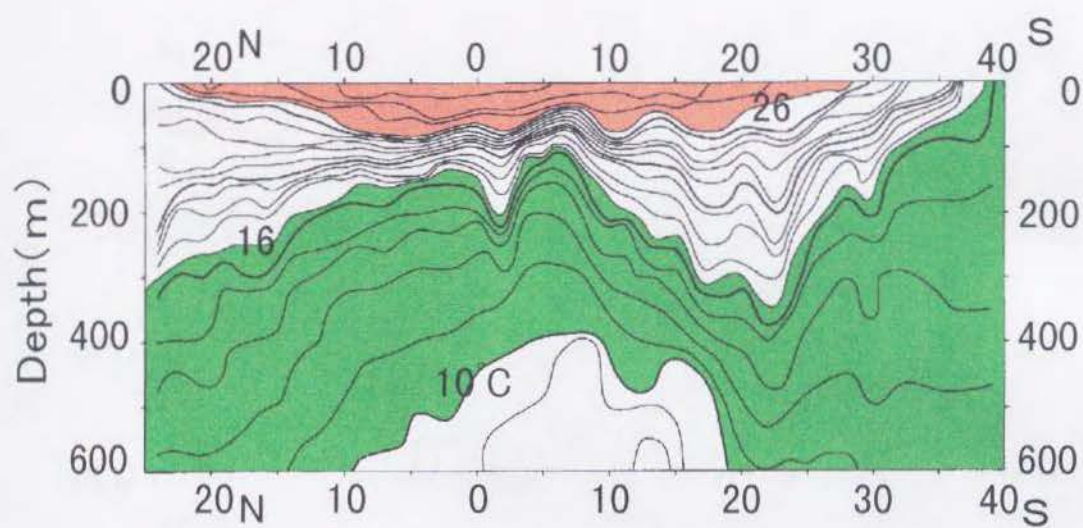


Fig.6-7: Vertical section of water temperature (° C) along 65° E. Station line follows as shown in Fig.7-1.



Line b, b'

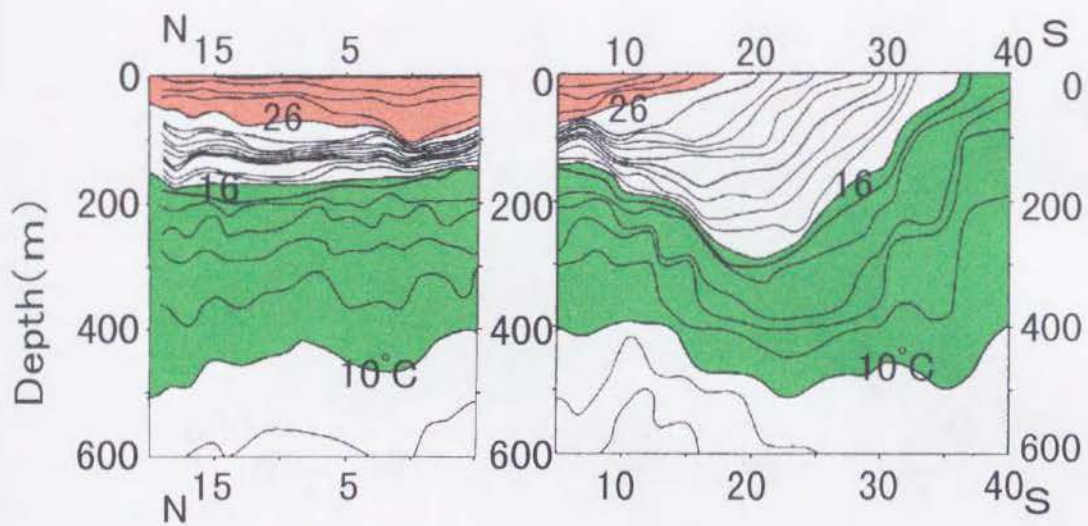


Fig.6-8: Vertical section of water temperature ( $^{\circ}$  C) along  $90^{\circ}$  E ( $20^{\circ}$  N  $\sim$   $5^{\circ}$  S) and  $104^{\circ}$  E ( $5^{\circ}$  S  $\sim$   $40^{\circ}$  S). Station lines follow as shown in Fig.6-1.

Line c

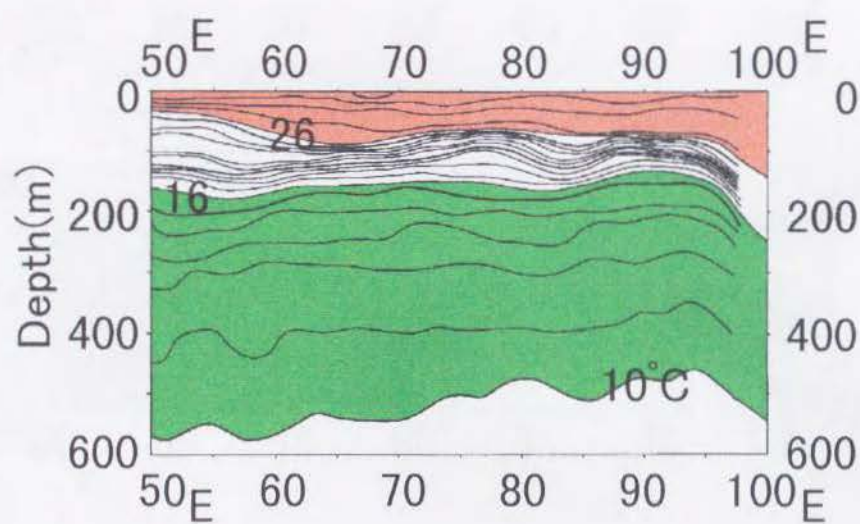


Fig.6-9: Vertical section of water temperature (° C) along 5° N. Station line follows as shown in Fig.6-1.



Line d

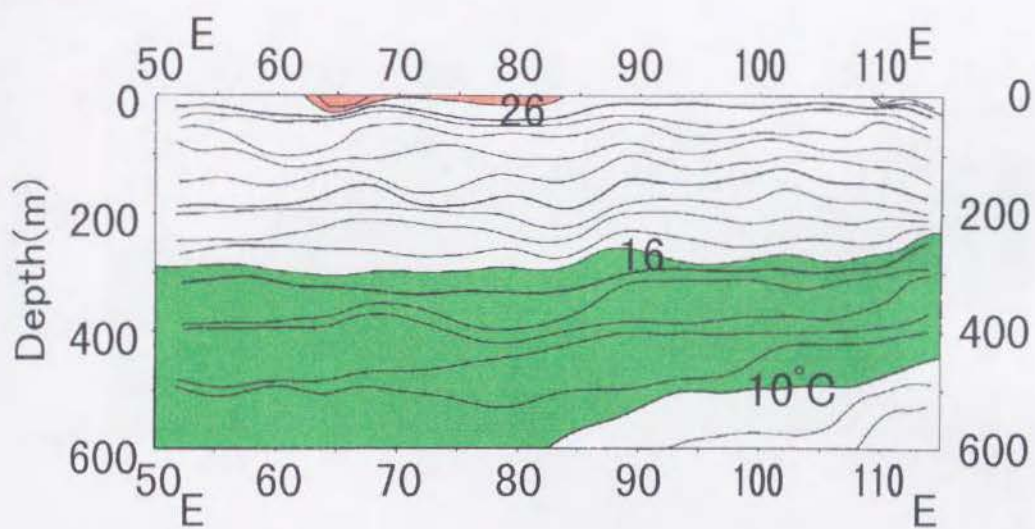


Fig.6-10: Vertical section of water temperature (°C) along 20° S. Station line follows as shown in Fig.6-1.

Line e

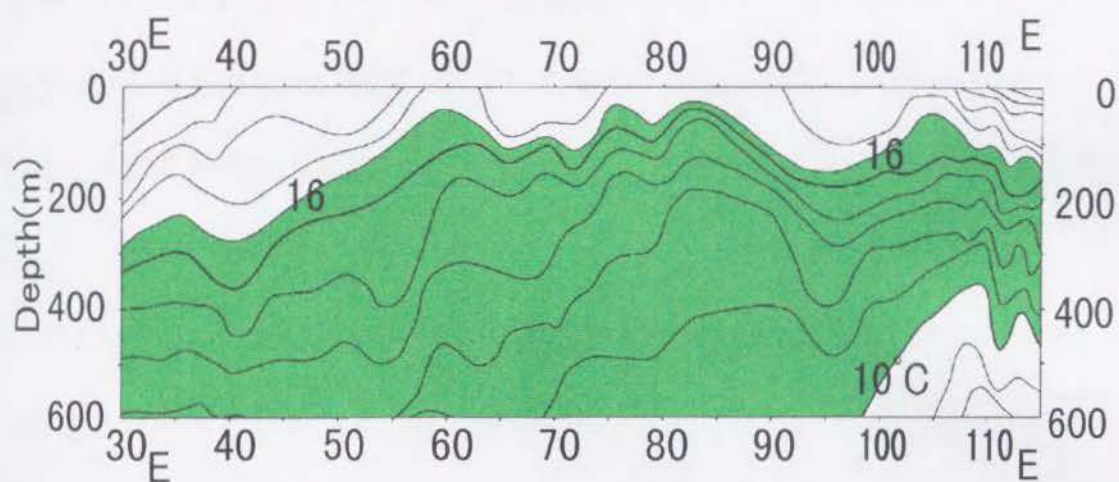


Fig.6-11: Vertical section of water temperature ( $^{\circ}$  C) along  $30^{\circ}$  S. Station line follows as shown in Fig.6-1.



## 第7章 論議

### 1) 現在利用可能な長期間の資料による時空間的な釣獲域の分布

#### (1) 水平方向の釣獲分布

メバチの水平方向の釣獲分布に関しては、インド洋の緯度  $20^{\circ} \text{N} \sim 40^{\circ} \text{S}$  にかけての広範囲であった。特に、高密度分布域はアラビア海南部からジャワ島沖に至る熱帯海域及び緯度  $30^{\circ} \text{S}$  を中心とした南緯高緯度海域であった。これら高密度釣獲域の規模は、それぞれ  $16.9 \times 10^6 \text{ km}$  と  $7.2 \times 10^6 \text{ km}$  である。

インド洋におけるメバチの高密度釣獲域は、熱帯海域ではほぼ周年にわたって形成され、4月から9月に範囲が最も縮小されていた。これとは対照的に4月から9月にかけては緯度  $30^{\circ} \text{S}$  を中心とした南緯高緯度海域において、高密度釣獲域が最も拡大していた。このことから、メバチは熱帯及び南緯高緯度海域を季節移動していることが示唆される。

月平均釣針数分布図( $H_k$ , Fig.4-3)、月平均釣獲尾数分布図( $N_k$ , Fig. 4-4)及び各月平均釣獲尾数分布図( $N_{jk}$ , Fig.4-5)を検討した結果、下記の新しい知見を得ることができた。

・西部熱帯海域のアラビア海南部 (緯度  $0 \sim 10^{\circ} \text{N}$ ・経度  $50 \sim 70^{\circ} \text{E}$ )

では、最高密度釣獲域がほぼ全域に広がっていた。月別においても、高密度釣獲域がほぼ周年にわたって広がり、7～8月以外は最高密度釣獲域が存在した。

・マダガスカル島北沖（緯度  $0^{\circ} \sim 10^{\circ} \text{ S}$ ・経度  $40^{\circ} \sim 50^{\circ} \text{ E}$ ）では、6～9月に、最高密度釣獲域を含む高密度釣獲域が形成された。

・緯度  $40^{\circ} \text{ S}$  以南では、釣針数が多いにもかかわらず、メバチの釣獲が少なく、釣獲が0の場合も多かった。

久米ら(1971)の研究では4半期別釣獲率の地理的分布により分布図を作成したのに対し、本研究では釣針数を考慮にいたした釣獲尾数から議論を進めた。このため、アラビア海南部とマダガスカル島北沖について、先の久米らの報告によれば、釣獲率分布に関しては高い値をとるものの、本研究では釣針数が多く、釣獲尾数も多かった。また、本研究により高密度釣獲域の季節変化を月別に詳細に捉えることが可能となった。これにより、各月平均釣獲尾数分布図( $N_{jk}$ , Fig.4-5)で得られた結果に基づき、インド洋のメバチの時間的分布を月別に模式図で示すことができた(Fig.4-6)。

今後、インド洋における回遊傾向をさらに明確にするための標識放流及び緯度  $20^{\circ} \text{ S}$  を中心とした高密度分布域の無い海域における釣獲試験、魚探調査等が必要とされる。



## (2) 鉛直方向の釣獲分布

メバチの鉛直方向の釣獲分布は、水深約 60 ~ 280 m までの範囲にわたっていた (Fig.4-8)。このうち、釣獲率が 5.0 を上回る主な分布層は熱帯海域(WA, EB)では 160 ~ 280 m であったが、緯度 30° S を中心とした南緯高緯度海域 (SD) においては主な分布層が無かった (Fig.4-9)。

前者に対して、釣獲分布範囲の下限深度(280 m)は、釣針の敷設深度の資料がそれ以上ないためであり、釣獲率が深さとともに増大することから、280 m 以深までメバチは生息分布し、釣獲されるものと推察される。

また、後者の南緯高緯度海域 (SD) において、主な分布層が無かったという結果は、メバチの鉛直方向の釣獲分布は深いほど密になるとした従来の研究成果(渡辺久也, 1958; 渡辺博之, 1969; 上条, 1963; 西条, 1970)が、海域によつては必ずしも当てはまらないことを示すものである。

今後は、280 m 以深でのメバチについて同以浅の分布量以上に分布していることが考えられるため、これ以深での深延縄、たて縄操業及び超音波発信機等による調査を行い、最大分布深度及び生息限界深度等を把握する必要がある。

## 2) メバチの釣獲域の分布に影響を及ぼす要因

### (1) 成熟メバチの海域別釣獲域の分布

メバチの釣獲において、成熟基準  $G.I. \geq 3.1$  である成熟個体の釣獲割合は、低緯度の熱帯海域(WA, EB)で高く最高で 70 %、中緯度海域(MC)で低く最

高で 30 %、南緯高緯度海域(S D)ではすべての海域において 0 %であった。

成熟個体が釣獲された熱帯海域(W A, E B)においても、海域によって釣獲される割合は季節変化をしており、西部熱帯海域(W A)では周年高く、東部熱帯海域(E B)では緯度 10° S の東西海域にわたって 4 ~ 9 月に低く、10 ~ 3 月に高い傾向を示した。

以上の現象については、次のように解釈できる。メバチの成熟個体は水面下 50 m までの水温が 26 °C 以上の層が存在する海域において多く分布する。ただし、水面下 50 m までの水温が 26 °C 以上という条件は孵化及びその後の稚魚の成育に要求されるものであり、メバチの成熟個体が通常生息しているのは、さらに水深の深い 10 ~ 16 °C の層である。

そこで、南西季節風期には季節風の影響によりソマリア沖を中心とした海域 (Fig.6-5) で湧昇が生じ、水面下 50 m までの水温が 26 °C よりも低下する。このため、成熟個体が釣獲される海域は熱帯海域(W A, E B) 全域にわたり狭まる。これに対して、北東季節風期では湧昇の影響を受けないため、水面下 50 m までの水温が低下しないため、成熟個体が釣獲される海域が広くなるものと解釈できる。

## (2) メバチの釣獲時の釣獲適水温と溶存酸素量

本研究では、インド洋におけるメバチの釣獲率が 5.0 以上の水温範囲をメバチの主な分布適水温 (釣獲適水温) と考え、10 ~ 16 °C の範囲とした。成熟メ



バチが分布するのに望まれる海域の特徴として、表面から 50 m における水温が 26 °C 以上であり、26 °C に達しない海域では成魚の未成熟個体だけが釣獲されることが確認された。

インド洋において同時観測により得られたメバチの成熟個体と水温との関係の考察は本研究において初めて試みられるものである。さらに、この考察結果は資源の保護・管理上有益なものであり、今後の有効利用が期待される。

溶存酸素量の鉛直プロファイルとメバチの鉛直方向の釣獲分布とを比較した結果、メバチの釣獲に対する最小溶存酸素量は 1 ml/l であった。

この結果は、メバチの釣獲適水温及び釣獲に対する最小溶存酸素量が、太平洋における報告結果（花本, 1975 ; Hanamoto, 1987）と大差が無いことを示すものであった。

### (3) 釣獲に対する適水温と最小溶存酸素量深度の海域別分布

釣獲適水温の上限 16 °C に対応する深度分布は、赤道を中心とする海域では 150 m で、南北へ離れる程深くなった。アラビア海では水深 200 ~ 250 m、緯度 20 ° S の東西にわたる海域ではおよそ 300 m を示した。しかし、緯度 30 ° S では 100 ~ 150 m、緯度 40 ° S では表層へ移行し、アラビア海等と比較して釣獲適水温に対応する深度は浅かった。

釣獲適水温の下限 10 °C に対応する深度分布は、赤道を中心とする海域で 400 m、南北へ離れる程深くなった。緯度 30 ° S の海域では西部で最大値 700

mであり、緯度  $40^{\circ}$  S では 100 ~ 200 m に浅くなった。釣獲適水温における上限の  $16^{\circ}\text{C}$  の深度において太平洋の釣獲適水温の上限の深度と比較すると、赤道を中心とする海域はインド洋の方が西側で浅く、東側で深い傾向であった。

前述の通り、この水温  $16^{\circ}\text{C}$  の深度がインド洋と太平洋とで異なる原因として、太平洋では東部のペルー沖で湧昇流が生じ、この湧昇流を源として水温  $16^{\circ}\text{C}$  が浅い層まで持ち上げられることに対して、インド洋では東部において太平洋ほど顕著な湧昇流が存在しないため、水温  $16^{\circ}\text{C}$  が浅い層に持ち上げられないことによるものと推察できる。

成熟個体が分布するのに望まれる水面下 50 m までの水温が  $26^{\circ}\text{C}$  以上になる海域は、熱帯海域(WA, EB)にあり、中緯度熱帯海域(MC)及び南緯高緯度海域(SD)では無かった。

インド洋は季節風に起因する海況の変動が顕著である。そこで、メバチの時間的分布に影響を及ぼす要因として水温に着目し、水面下 50 m までの水温が  $26^{\circ}\text{C}$  以上の範囲を月別に調べた。

その結果、赤道を中心とする熱帯海域(WA, EB)の中で、特に西部のソマリア沖においては水温  $26^{\circ}\text{C}$  以上の範囲が北半球の夏を中心とする南西季節風期には最も狭く、北半球の冬を中心とする北東季節風期には最も広がっていた(Fig.6-5)。

成熟メバチが形成する熱帯海域(WA, EB)の高密度釣獲域 (Fig.5-3) は、南西及び北東の季節風期別に消長する水温  $26^{\circ}\text{C}$  以上の範囲の消長とほぼ同様



な傾向を示すことから( Fig.4-5)、水温 26 °C以上の範囲の消長がメバチの時間的分布に影響していると考えられる。

メバチが釣獲された層に対する必要最小溶存酸素量の 1 ml/l に対応する深度を海域別に調べた結果、ベンガル湾やアラビア海のスオマリア半島先端からスマトラ島北部を結ぶ緯度 0° ~ 10° N 付近を東西にわたる海域以北で浅く、100 m前後から 150 mであった。そして、溶存酸素量 1 ml/l に対応する深度はこのスオマリア半島先端からスマトラ島を結ぶ線の南で 500 mと急激に深くなっていた。さらに南へ向かうにしたがって、赤道付近では 800 m、赤道以南では 800 m以深に達していた。

石塚(1990)の報告をもとに考察した結果、ベンガル湾とアラビア海を中心とした海域で、およそ 100 m以深の溶存酸素量が 1 ml/l 以下となっていた原因については以下のように考えられる。南西季節風が吹く時期を中心とした雨期にヒマラヤ山脈をはじめとする大陸に多量の雨が降り注ぎ、この雨がその土地の土壤を浸食し、陸性の堆積物は川へ流れ込んだ後、ベンガル湾とアラビア海へ海底流床に沿って流れ込み、海底に堆積していた海性の有機物を舞いあげ、その有機物が酸化することによりベンガル湾とアラビア海ではおよそ 100m 以深の溶存酸素量が 1 ml/l 以下となっていたものと考えられる。

以上のことから、インド洋におけるメバチの時空間的な釣獲分布の詳細な実態を把握できた。さらにその要因として以下のことが考えられる。

空間的分布に対しては、

- ・釣獲適水温が 10 ～ 16 °C
- ・釣獲に対する最小溶存酸素量が 1 ml/l

時間的分布に対しては、

- ・成熟メバチが分布するのに望まれる海域である表面から 50 m における水温が 26 °C 以上の範囲が季節により消長すること

以上の要因が融合して影響を及ぼしたものと考察される。

本研究において得られた結果では、同じ釣獲適水温内でも、メバチの釣獲が多い海域と少ない海域が存在した。今後、メバチの釣獲分布に影響を与えるものとして、水温、溶存酸素量、成熟以外の要因、例えば、森永ら(1990)が述べている漁具に対する視覚の影響の他、海流、海底地形等の要因、さらに体長、性比等内部要因からも追求を行い、実際にどの要因がどのように分布に影響しているかを究明する必要がある。そして、メバチだけでなく他のマグロ類に関してもこれらの研究を進め、魚種間の関係を論ずる必要性が認識される。



## 第8章 要約

インド洋におけるメバチの生態解明を目的として、

- ・ 現在利用可能な長期間の資料によるメバチの時空間的な釣獲域の分布
- ・ 成熟メバチの海域別釣獲域の分布
- ・ 釣獲適水温、成熟個体が分布するのに望まれる水温の特徴及び釣獲に対する最小溶存酸素量
- ・ 釣獲適水温及び釣獲に対する最小溶存酸素量の海域別分布の特徴

について解析した。

研究結果は、以下のように要約される。

### 1) メバチの時空間的な釣獲域の分布

メバチは、インド洋の緯度  $20^{\circ} \text{N} \sim 40^{\circ} \text{S}$  にかけての広範囲で釣獲されていた。特に、高密度に分布していると考えられた海域はアラビア海南部からジャワ島沖に至る熱帯海域及び緯度  $30^{\circ} \text{S}$  を中心とした南緯高緯度海域であった（毛利ら，1991）。

メバチの高密度釣獲域は、熱帯海域ではほぼ周年にわたって形成されたが、4月から9月に最も縮小していた。これとは対照的に、4月から9月には緯度  $30^{\circ} \text{S}$  を中心とした南緯高緯度海域において、高密度釣獲域が最も拡大してい

た。このことから、メバチは熱帯海域と南緯高緯度海域を季節移動していることが推察される（毛利ら, 1997 b）。

メバチの鉛直方向の釣獲分布は、水深約 60 ～ 280 m までの範囲であった。このうち、釣獲の主な分布層は熱帯海域では 160 ～ 280 m であったが、緯度 30° S を中心とした南緯高緯度海域においては主な分布層が無かった。釣獲の分布範囲の下限深度が 280 m となっているのは釣針の敷設深度の 280 m 以深の資料が無いためであり、釣獲率が深さとともに増大することから推察してインド洋のメバチは 280m 以深まで分布するものと推察された(毛利ら, 1997a)。

## 2) 成熟メバチの海域別釣獲域の分布

釣獲されたものの中には、成熟個体と未成熟個体が含まれる。そこで全体に対しての成熟個体の占める割合を「成熟個体の釣獲割合」と定義し、緯度・経度 5° 区画毎にその割合を求めた。

メバチの成熟基準  $G.I. \geq 3.1$  の成熟個体の釣獲割合は、低緯度の熱帯海域で高く最高で 70 %、中緯度海域ではほとんどにおいて 0 ～ 30 % と低く、南緯高緯度海域ではほとんどで 0 % であった。

成熟個体が釣獲された熱帯海域においても、海域によって成熟個体の割合は季節変化をしており、西部では周年高く、東部では緯度 10° S の東西海域にわたって 4 ～ 9 月に低く、10 ～ 3 月に高い傾向を示した。

この傾向は、前述と同様に次のような理由によると考えられる。メバチの成



熟個体は水面下 50 m までの水温が 26 °C 以上の層が存在する海域において多く分布する。ただし、水面下 50 m までの水温が 26 °C 以上という条件は孵化及びその後の稚魚の成育に要求されるものであり、メバチの成熟個体が通常生息しているのは、さらに水深の深い 10 ~ 16 °C の層である。そこで、南西季節風期には季節風の影響によりソマリア沖を中心とした海域で湧昇が生じ、水面下 50 m までの水温が 26 °C よりも低下する。このため、成熟個体が釣獲される海域は熱帯海域全域にわたり狭まる。これに対して、北東季節風期では湧昇の影響を受けないため、水面下 50 m までの水温が低下せず、成熟個体が釣獲される海域が広がるものと解釈できる。

### 3) メバチの釣獲に必要な条件

メバチの鉛直方向の釣獲分布が多く、釣獲率が 5.0 以上の水温範囲をインド洋におけるメバチの釣獲適水温と考え、10 ~ 16 °C の範囲を定めた（毛利ら、1996）。

成熟個体が釣獲される海域の特徴として水面下 50 m までの水温が 26 °C 以上であり、26 °C に達しない海域では未成熟個体だけが釣獲されることが確認された（毛利、1998）。

溶存酸素量の鉛直プロファイルとメバチの鉛直方向の釣獲分布との関係では、メバチが釣獲された層に対する最小溶存酸素量は、1 ml/l と推定された。

これは、溶存酸素量が 1 ml/l を下回る層に敷設された釣針においてメバチ

の釣獲率が0または0に近い値を示したことによる。

#### 4) メバチの釣獲に必要な条件の海域別分布

釣獲適水温の上限  $16^{\circ}\text{C}$  に対応する深度は赤道を中心とする海域では 150 m で、アラビア海では水深 200 ~ 250 m、緯度  $20^{\circ}\text{S}$  の東西海域ではおよそ 300 m を示した。しかし、緯度  $30^{\circ}\text{S}$  では 100 ~ 150 m、緯度  $40^{\circ}\text{S}$  では表層へ移行した。

釣獲適水温の下限  $10^{\circ}\text{C}$  に対応する深度は赤道を中心とする海域で 400 m、緯度  $30^{\circ}\text{S}$  の海域では西部で最大値 700 m であり、緯度  $40^{\circ}\text{S}$  では 100 ~ 200 m と浅くなっていた。

成熟個体が釣獲される水面下 50 m までの水温が  $26^{\circ}\text{C}$  以上になる海域は熱帯海域にあり、中緯度及び南緯高緯度海域では無かった。水温  $26^{\circ}\text{C}$  以上になる海域の範囲は季節変化が顕著で、南西季節風が最も強まる 6 月から 9 月に緯度  $10^{\circ}\text{S}$  以南、経度  $60^{\circ}\text{E}$  以東と最も狭まり、北半球の冬を中心とした北東季節風が強まる時期に緯度  $15^{\circ}\text{S}$  以南の全域へと最も広がっていた。

この原因として、南西季節風が強まる時期を中心にソマリア海流を源とする湧昇流が生じ、深層の  $26^{\circ}\text{C}$  以下の低温の海水が持ち上げられることにより水温が  $26^{\circ}\text{C}$  以上の範囲が狭まる。一方、北東季節風が強まる時期には湧昇流が生じないことにより水温  $26^{\circ}\text{C}$  以上の範囲が狭くなることは無いものと推察できる。以上が上記の現象に対する解釈である。



釣獲に対する最小溶存酸素量  $1 \text{ ml/l}$  のプロファイルの海域別特徴は、ベンガル湾やアラビア海のソマリア半島先端からスマトラ島北部を結ぶ  $0^{\circ} \sim 10^{\circ} \text{ N}$  付近を東西にわたる海域以北で浅く水深  $150 \text{ m}$  までにあった。そして、溶存酸素量  $1 \text{ ml/l}$  のプロファイルはこのソマリア半島先端からスマトラ島を結ぶ線の以南では急激に深くなっていた。

以上のことから、インド洋におけるメバチの釣獲域の時空間的分布の実態を把握できた。また、その要因として未成熟個体は成熟の進行に伴い、水面下  $50 \text{ m}$  までの水温が  $26^{\circ}\text{C}$  以上の熱帯海域へ移動すること、メバチの釣獲に影響する適水温は  $10 \sim 16^{\circ}\text{C}$ 、必要最小溶存酸素量は  $1 \text{ ml/l}$  程度であることが判明した。

本研究の成果は、漁場選定の指針として操業の効率化に役立つばかりでなく、成熟個体が分布する海域において漁具あるいは釣獲制限を行う等の資源の保護・管理方策の基礎資料になるものと確信される。

## 謝 辞

本論文作成に際し、終始懇切なご指導、並びにご鞭撻を賜った東京水産大学教授、竹内正一博士に心から感謝申し上げます。更に、本研究を始めるに際し嚆矢を与えて下さった前東京水産大学教授、小倉通男博士に謹んでお礼申し上げます。

種々のご意見、ご助言を頂いた東京水産大学教授、長島秀樹博士、同教授、木原興平博士、同教授、有元貴文博士、同助教授、稲田博史博士には心から感謝申し上げます。

有益なご助言、ご討議を頂いた東京水産大学助教授、根本雅生博士には、ここに感謝の意を表します。

貴重なご意見、ご指導を頂いた東京水産大学教授、森永 勤博士、同助手、荒川久幸博士に謹んで感謝の意を表します。

東京水産大学前教授、小池孝知博士、同助手、上野公彦博士には、有益なご指導を頂きました。ここに深謝申し上げます。

水産大学校名誉教授、前田 弘博士、同助教授、深田耕一氏には、常に激励を頂きました。心からお礼申し上げます。

終始適切なご指導、ご助言を頂いた神奈川県水産総合研究所、花本栄二博士には、謹んで感謝の意を表します。



水産大学校教授、杉原滋彦博士、同教授、町井紀之博士、同助手、千手智晴博士からは、常に激励を賜り、また、貴重なコメントを頂きました。ここに感謝の意を表します。

メバチの釣獲分布を水平方向から検討するために、資料を貸与下さり、その使用をご許可下さった、水産庁遠洋水産研究所浮魚資源部、鈴木治郎部長、宮部尚純室長を始めとした各位に、謹んで感謝申し上げます。

有益なご意見、ご助言を頂いた、神奈川県水産総合研究所、一色竜也氏に心からお礼申し上げます。

メバチの分布を鉛直面から検討するために、資料を収集・貸与下さった海洋水産資源開発センターと、海洋観測資料を貸与下さった日本海洋データセンターの各位に、心からお礼申し上げます。

水産大学校練習船耕洋丸（片岡昭吉船長・当時）には、実際に資料の収集をさせて頂きました。乗組員の皆様に、深謝申し上げます。

最後に、終始激励してくれた両親に、感謝の意を捧げます。

## 文 献

- ・ 遠洋水産研究所. 1998. マグロ資源調査研究経過報告, 平成 9 年度: 107pp.
- ・ F A O. 1995. FAO yearbook. Fishery statistics-Catches and landings 1997, 80, *FAO Fish. Series* No.48: 713pp.
- ・ 藤石昭生, 俵 悟, 広瀬 誠. 1969. 印度洋マグロ漁場における魚群探知機による調査結果. 水産大学校研究報告, 18 ; 18-25.
- ・ 花本栄二. 1967. 相模丸マグロ延縄漁業試験調査報告 (第20次航海). 神奈川県水産試験場資料, 89: 39-119.
- ・ 花本栄二. 1974. メバチに関する水産海洋学的研究-I. 東部熱帯太平洋におけるマグロはえなわの漁獲深度. うみ, 12 :128-136.
- ・ 花本栄二. 1975. メバチに関する水産海洋学的研究-II. 東部熱帯太平洋におけるマグロはえなわ漁場と水温躍層および溶存酸素量との関係. うみ, 13: 58-71.



- ・花本栄二．1976．メバチの遊泳層．水産海洋研究会報，29：41-44．
- ・花本栄二．1986．海洋環境がメバチの分布に与える影響．神奈川県水産試験場論文集，2：1-61．
- ・花本栄二．1987．太平洋におけるメバチの漁獲分布．水産海洋研究会報，51：9-15．
- ・Hanamoto, E. 1987. Effect of Oceanographic Environment of Bigeye Tuna Distribution. *Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr.*, 51; 203-216.
- ・原田輝雄．1974．魚類の成熟と産卵－その基礎と応用（日本水産学会編）．東京，恒星社厚生閣．pp.66-75．
- ・平野礼次郎．1974．魚類の成熟と産卵－その基礎と応用（日本水産学会編）．東京，恒星社厚生閣．pp.13-17．
- ・平山信夫．1969．マグロ延縄の漁獲機構に関する研究－1，延縄の構造・寸法と漁獲の関係．日本水産学会誌，35：546-549．
- ・平山信夫．1989．マグローその生産から消費まで（東京水産大学第7回公開講座編集委員会編）．東京，成山堂書店．pp.

85-117.

- ・ 久田 幸一. 1973. サンゴ海北西部における手釣り漁場の形成  
と同水域で漁獲されるキハダ、メバチについての生物学的観  
察. 遠洋水産研究所研究報告, 8:35-69.
- ・ 久田 幸一. 1979. 中東部熱帯太平洋ではえなわによって漁獲  
されたメバチの成熟状態と水温構造. 遠洋水産研究所研究報  
告, 17:159-175 .
- ・ Holland K.N., R.W.Brill, and R.K.Chang. 1990. Horizontal  
and Vertical Movements of Yellowfin and Bigeye Tuna  
Associated with Fish Aggregating Devices. *Fish. Bull.*  
88, 493-507.
- ・ 本間 操, 上村忠夫. 1955. メバチの研究-Ⅱ, 竿釣りメバ  
チの魚体組成についての一考察. 南海区水産研究所報告, 4  
: 863-869.
- ・ 本間 操, 鈴木治郎. 1972. インド洋ではえなわの対象とな  
ったキハダの資源評価, 1959-1969年. 遠洋水産研究所研究  
報告, 7:1-25.
- ・ 石塚明男. 1990. ヒマラヤ山脈からベンガル湾とアラビア海



への季節的な粒子状物質の流入と海底扇状地の活動的な流床との関係. 海洋, 22: 315-323.

- ・石野 誠, 1991. "シオ"と"サカナ"と, 東京, 光写真印刷: 53pp.
- ・上条清光, 1963. 相模丸マグロ延縄漁業試験調査報告(第12次航海), 神奈川県水産試験場資料, 9: 18-28.
- ・神奈川県水産試験場, 1966. まぐろたて縄漁具試験報告, 神奈川県水産試験場資料, 45: 1-16.
- ・Kawasaki T. 1958. Biological comparison between the Pacific tuna. Part.1. *Tohoku Regional Fish. Res. Lab. Bull.* 12:46-79.
- ・木川昭二, 1953. 南部マーシャル群島近海におけるメバチの産卵, 南海区水産研究所業績集, 1: 1-10.
- ・木川昭二, 1957. 西太平洋のメバチの産卵水域, 南海区水産研究所報告, 5: 145-147.
- ・木川昭二, 1966. 太平洋のマグロ延縄漁場におけるメバチ及びキハダ成熟魚の分布と海域別産卵可能量の考察, 南海区水産研究所報告, 23: 131-208.

- ・ 海洋水産資源開発センター， 1985 a， 昭和56年度まぐろはえ  
なわ新漁場企業化調査報告書：125pp.
- ・ 海洋水産資源開発センター， 1985 b， 昭和57年度まぐろはえ  
なわ新漁場企業化調査報告書：105pp.
- ・ 海洋水産資源開発センター， 1985 c， 昭和58年度まぐろはえ  
なわ新漁場開発調査報告書：103pp.
- ・ 海洋水産資源開発センター， 1986 a， 昭和59年度まぐろはえ  
なわ新漁場開発調査報告書：113pp.
- ・ 海洋水産資源開発センター， 1986 b， 昭和60年度まぐろはえ  
なわ新漁場開発調査報告書：101pp.
- ・ 海洋水産資源開発センター， 1988， 昭和61年度まぐろはえな  
わ新漁場開発調査報告書， .120pp.
- ・ 久保伊津男， 吉原友吉， 1969， 水産資源学， 東京， 共立出版，  
pp. 135-150.
- ・ 久米 漸， 森田安雄， 1967， メバチの生態学的研究－IV， 日  
本近海における竿釣り漁業で漁獲されるメバチの魚体組成，  
南海区水産研究所報告， 25： 81－90.
- ・ 久米 漸， 1969a， メバチの生態学的研究－V， 北部太平洋



- (16°N以北)における分布と魚体並びに魚群構造に関する既往の知見の集約と問題点. 遠洋水産研究所研究報告, 1:33-51.
- ・久米 漸. 1969b. メバチの生態学的研究-VI. 赤道(16°N以南)ならびに南部太平洋における分布と魚体に関する既往の知見の集約と、若干の考察. 遠洋水産研究所研究報告, 1:77-98.
- ・久米 漸, 森田安雄, 小木立夫. 1971. インド洋メバチの分布および性成熟状態からみた魚群構造. 遠洋水産研究所研究報告, 4:141-164.
- ・久米 漸. 1979. 太平洋におけるメバチの生態と資源. 水産研究叢書, 32. 東京, 日本水産資源保護協会. pp.51.
- ・古藤 力. 1969. ビンナガの研究-XIV. はえなわ操業結果からみたインド・大西洋におけるビンナガの分布と魚群の移動についての若干の考察. 遠洋水産研究所研究報告, 1:115-129.
- ・松原孝博. 1974. 海産魚の産卵・成熟リズム(廣瀬慶二編). 東京, 恒星社厚生閣. pp.113-124.

- ・宮部尚純，松本隆之．1997．超音波発信機（ピンガー）追跡によるメバチの行動．航跡，497:2-3.
- ・水野恵介，渡邊朝生．1993．インド洋の季節別水温鉛直プロフィール（遠洋水産研究所業績集第301号）：1-102.
- ・毛利雅彦，花本栄二，竹内正一．1991．延縄の漁獲からみたインド洋のメバチの分布．日本水産学会誌，57：1683-1687.
- ・毛利雅彦，花本栄二，竹内正一．1996．まぐろ延縄の漁獲からみたインド洋のメバチの適水温．日本水産学会誌，62：761-764.
- ・毛利雅彦，花本栄二，根本雅生，竹内正一．1997a．まぐろ深延縄の漁獲記録からみたインド洋のメバチの鉛直分布．水産海洋研究，61：10-17.
- ・毛利雅彦，花本栄二，根本雅生，竹内正一．1997b．まぐろ延縄の漁獲からみたインド洋のメバチの漁期・漁場と回遊パターン．神奈川県水産総合研究所，2：13-19.
- ・毛利雅彦．1998．インド洋におけるメバチの成熟状態と水温の関係．水産大学校研究報告，46：175-181.
- ・森永 勤，小池 隆，松生 洽．1990．ベンガル湾における



- まぐろ延縄漁具の枝縄の水中視認距離. うみ, 28:117-122.
- ・ 森田安雄, 古藤 力. 1971. はえなわの操業結果からみたインド洋のキハダの魚群構造に関する若干の考察. 遠洋水産研究所研究報告, 4 : 125-140.
  - ・ 中村広司. 1954. 海流とマグロ漁場. 水産科学, 14 : 9-17.
  - ・ 中村広司, 山中 一. 1959. マグロ類の分布と海洋構造. 日本海洋学会誌, 15 : 143-149.
  - ・ Pillai P.P. and Ueyanagi S. 1978. Distribution and biology of the striped marlin, *Tetrapturus audax* (Philippi) taken by the longline fishery in the Indian Ocean. *Far Seas Fish. Res. Lab. Bull.*, 16:9-32.
  - ・ 西条清男爵. 1970. マグロ漁場調査指導 (第26次航海), 三重県浜島水産試験場事業報告, 昭和43年度 : 1-64.
  - ・ 斉藤昭二, 佐々木成二. 1974. 南太平洋の大型ビンナガの遊泳層について-II 改良たて縄によるビンナガの釣獲層, 日本水産学会誌, 40 : 643-649.
  - ・ Saito S. 1975. On the Depth of Capture of Bigeye Tuna by Further Improved Vertical Longline in the Tropical

*Pacific. Nippon Suisan Gakkaishi*, 41; 831-841.

- ・坂本久雄. 1967. インド洋におけるメバチの分布, 南海区水産研究所報告, 25: 49-57.
- ・坂本久雄. 1969. はえなわ漁獲物からみた大西洋メバチの体長組成, 性比並びに生殖腺指数の海域変化. 遠洋水産研究所研究報告, 1: 49-56.
- ・新宮千臣. 1970. ミナミマグロの分布と回遊に関する研究. 遠洋水産研究所研究報告, 3: 57-113.
- ・新宮千臣. 1978. ミナミマグロの生態と資源. 水産研究叢書, 31, 日本水産資源保護協会, 東京: pp. 82.
- ・須田 明, 久米 漸, 塩浜利夫. 1969. インド, 太平洋のメバチのはえなわ漁場形成と生活領域に関する一解釈. 遠洋水産研究所研究報告, 1: 99-114.
- ・Suzuki, Z., Warashina, Y., and Kishida, M. 1977. The comparison of catches by regular and deep tuna longline gears in the Western and Central Equatorial Pacific. *Far Seas Fish. Res. Lab. Bull.*, 15: 51-89.
- ・竹内正一, 小倉通男, 高宮勝広. 1988a. 大西洋メバチ漁獲



- 量データベースの作成とその応用. 日本水産学会誌, 54:187-192.
- ・ 竹内正一, 小倉通男, 根本雅生, 花本栄二. 1988b. 大西洋におけるメバチの漁獲分布. 日本水産学会誌, 54:1271-1277.
  - ・ 俵 悟, 桜井五郎, 藤石昭生, 大村千之. 1968. 魚群探知機による西部太平洋マグロ漁場における漁場調査について—I, 超音波散乱層とマグロ魚群の記録について. 水産大学校研究報告, 16:71-80.
  - ・ Tchernia. 1980. The Indian Ocean. Descriptive Regional Oceanography. Paris, Pergamon Press. pp.215.
  - ・ Uda, M. 1957. A Consideration on the Long Years Trend of the Fisheries Fluctuation in Relation to Sea Conditions. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 23; 368-372.
  - ・ 宇田道隆. 1960. 海洋漁場学. 水産学全集(16). 東京, 恒星社厚生閣. pp.347.
  - ・ 上柳昭二. 1969. インド・太平洋におけるマグロ類仔稚魚の分布(ビンナガ産卵域の推定を中心とした検討). 遠洋水産

研究所研究報告, 2 : 177-256.

- ・ Wyrski K. 1971. OCEANOGRAPHIC ATLAS of the International Indian Ocean Expedition, I. Washington, D.C., The National Science Foundation: 531pp.
- ・ 山中 一, 黒肱善雄, 森田二郎. 1966. 魚群探知機による西南太平洋の調査の概要. 南海区水産研究所報告, 24 : 115 - 127.
- ・ 山中 一. 1974. カツオ・マグロの分布・移動と海洋環境. 西脇昌治編. 資源生物論 (海洋学講座, 13). 東京, 東大出版会. p. 92-99.
- ・ 安武 洋・西源二郎・森慶一郎. 1973. 船上におけるメバチの人工授精, 初期飼育および前期仔魚の形態. 遠洋水産研究所研究報告, 8 : 71-78.
- ・ 米盛 保. 1982. 超音波標識法によるマグロ類の遊泳行動 - 特に遊泳水深の研究. 遠洋, 44 : 1-5.
- ・ 渡辺博之. 1961. はえなわによる漁獲深度の研究, 神奈川県水産試験場資料, 4 : 1-11.
- ・ 渡辺久也. 1958. 西部太平洋赤道海域におけるキハダとメバ



チの食餌組成の相違について、南海区水産研究所報告、7:72

-81.

- ・ 渡部泰輔、1970、マサバの発育初期における形態・生態なら  
びに資源変動に関する研究、東海区水産研究所研究報告、62  
: 1-283.